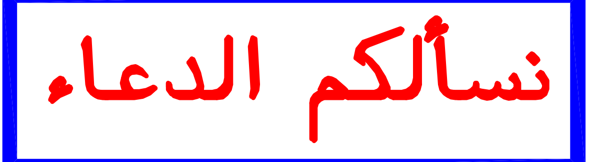
Curtailment of reinforcement using
Moment of Resistance ((M_R))

Moment of Resistance توقيف أسياخ الحديد باستخدام طريقه



IF you download the Free ***APP.*** RC Structures YASSER EL LEATHY *on your smart phone or tablet, you will be able to play illustrative movies For any paragraph that has a QR code icon*

اذا حملت تطبيق RC Structures YASSER EL LEATHY على تليفونك المحمول او اللوح السطحى ستستطيع أن تشغل أفلام شرح للمقاطع التى تحتوى على رمز

RFT. of Beams using Moment of Resistance. Table of Contents.

Introduction.

ال Moment of Resistance هى طريقه دقيقه لتوقيف أسياخ الحديد
طبقا للعزم الذى يتحمله كل القطاع و يسمى Moment of Resistance (M_R)
و العزم المؤثر على هذا القطاع و يسمى Actual Moment (M_{act})

و لكى نفهم ال Moment of Resistance
يجب أولا التعرف على بعض التعريفات مثل:

1- Developed Length (L_d) طول التماسك

2- Drawing B.M.D. to Scale.

3- Modified (Displaced) B.M.D.



1- Developed Length (L_d) طول التماسك

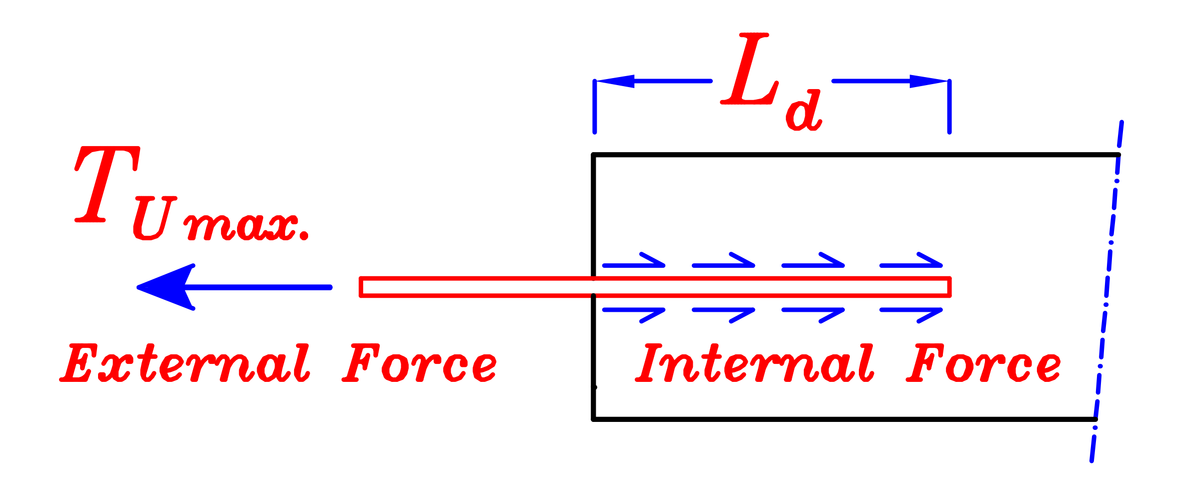
هو أقل طول للسيخ يلزم لنقل قوى الشد من الحديد إلى الخرسانه
أو هو أقل طول لسيخ الحديد لمنع إنزلاق سيخ الحديد من الخرسانه
أو هو أقل طول يمتد به السيخ بعد القطاع الحرج الذى يؤثر عليه اكبر Comp. or Ten.

و تعتمد قيمه الطول (L_d) على قوه التماسك بين الحديد و الخرسانه F_{bu}

Bond Strength

F_{bu} هو أقصى إجهاد تماسك بين الحديد و الخرسانه .
و تعتمد قيمته على نوع الخرسانه .

$$F_{bu} = 0.30\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \quad N\backslash mm^2$$



و لتحديد طول التماسك (L_d) نساوى قيمه

قوى التماسك الداخليه = قوى الشد الخارجيه

External Force = Internal Force

Stress * Area = Stress * Area

$$\frac{F_y}{\gamma_s} * A_s = F_{bu} * \pi \phi L_d$$

$$\frac{F_y}{\gamma_s} * \frac{\pi \phi^2}{4} = F_{bu} * \pi \phi L_d$$

$$\frac{F_y}{\gamma_s} * \frac{\not{\pi} \not{\phi}^2}{4} = F_{bu} * \not{\pi} \not{\phi} L_d$$

$$\frac{F_y}{\gamma_s} * \frac{\phi}{4} = F_{bu} * L_d$$

$$\therefore \quad L_d = \phi \frac{(F_y/\gamma_s)}{4\, F_{bu}}$$

و لكن هناك عده عوامل أخرى تؤثر على الطول اللازم للتماسك مثل α, β, η

$$\therefore \quad L_d = \alpha \, \beta \, \eta \, \phi \, \frac{(F_y / \gamma_s)}{4 \, F_{bu}}$$

α معامل تصحيح لشكل السيخ

شكل طرف السيخ	α	
	Tension	Comp.
Straight bars	1.0	1.0
Hooked bars	0.75	1.0
Bent bars	0.75	1.0

β معامل تصحيح لنوع سطح السيخ

نوع سطح السيخ	β	
	Tension	Comp.
St. 240/350 أملس	1.0	0.7
St. 360/520 St. 400/600 نتوءات	0.75	0.5

η معامل تصحيح يعتمد على دمك الخرسانه

	η
أسياخ علويه	1.3
أسياخ سفليه	1.0

الخرسانه العلويه (التى يوجد اسفلها خرسانه لا تقل عن ٣٠٠ مم)
تكون قوه تماسكها أقل لان دمكها يكون أقل لذا فنحتاج لطول تماسك أكبر فى الاسياخ العلويه .

و يوجد فى كتاب مساعدات التصميم قيم لحساب L_d مباشره مع مراعاه قيم η

Code Page (4–40) Table (4–9)

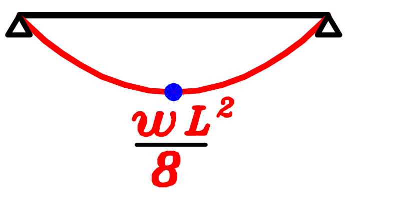
Type of Steel	L_d		
	Tension		Comp.
	straight	Hooked	
240/350	═══	40 ϕ	40 ϕ
280/450	50 ϕ	40 ϕ	40 ϕ
360/520	60 ϕ	45 ϕ	40 ϕ
400/600	60 ϕ	45 ϕ	40 ϕ

ملحوظه : القيم التى فى الجدول يتم ضربها فى η
- ١,٠ حديد سفلى
- ١,٣٠ حديد علوى

$$L_d = 60\ \phi * \eta$$ Tension

$$L_d = 40\ \phi * \eta$$ Compression

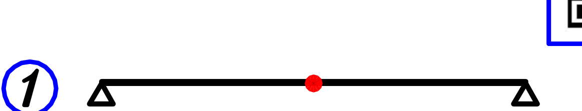
Drawing B.M.D. to scale.



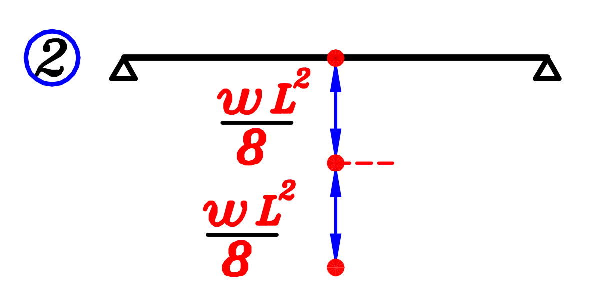
لكى نرسم الـ **parabola** للعزم بالضبط (**to scale**)

نحتاج لرسم ٧ مماسات .

خطوات رسم B.M.D. to scale



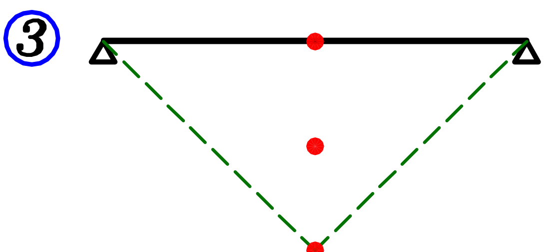
١- نرسم **datum** الكمره بالـ **scale** المطلوب .



٢- ننزل من الـ **datum** بقيمه $\frac{wL^2}{8}$

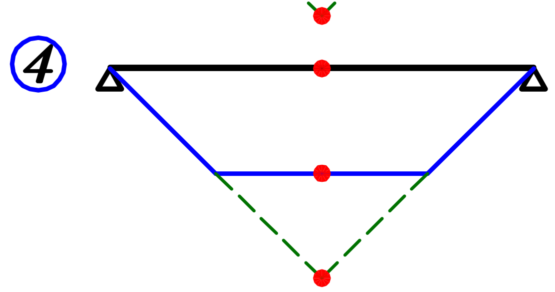
بمقياس رسم مناسب (من اختيارك)

ثم ننزل مسافه أخرى بنفس القيمه .



٣- نوصل من النقطه السفلى الى بدايه

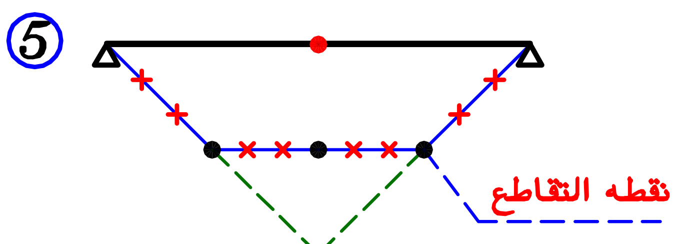
و نهايه الـ **parabola**



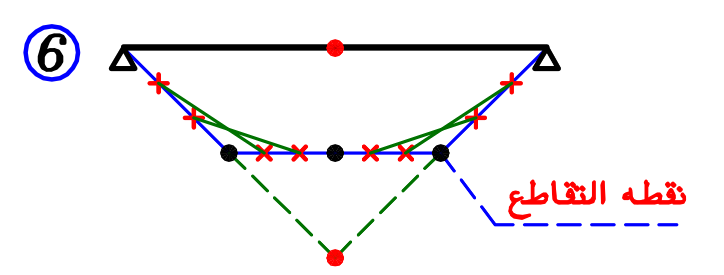
٤- نوصل خط من النقطه التى فى المنتصف

موازى للـ **datum**

فيتكون ثلاث مماسات للـ **parabola**



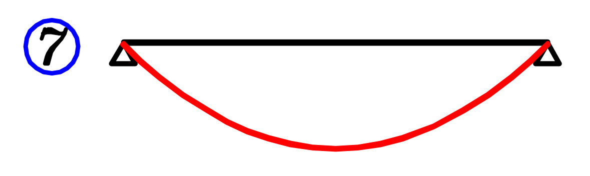
٥- نقسم كل خط الى ثلاث مسافات متساويه



٦- نوصل خطوط بين النقط بحيث نوصل النقطه

القريبه من نقطه التقاطع بالنقطه البعيده

فيتكون الـ ٧ مماسات للـ **parabola**

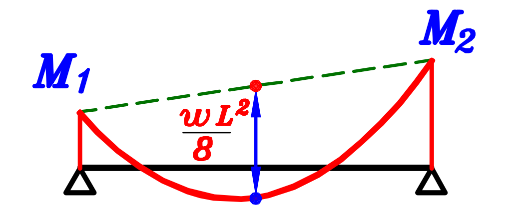


٧- يتم عمل **curve** يرسم بالـ **French curve**

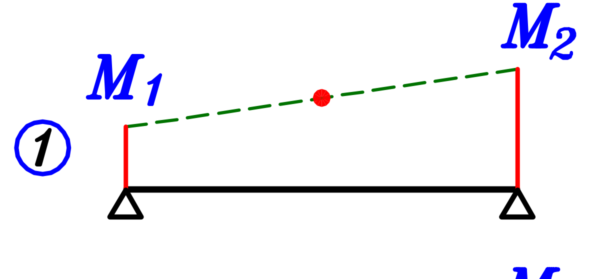
يمس السبع مماسات فيكون هو الـ **parabola**

المطلوب للـ **moment**

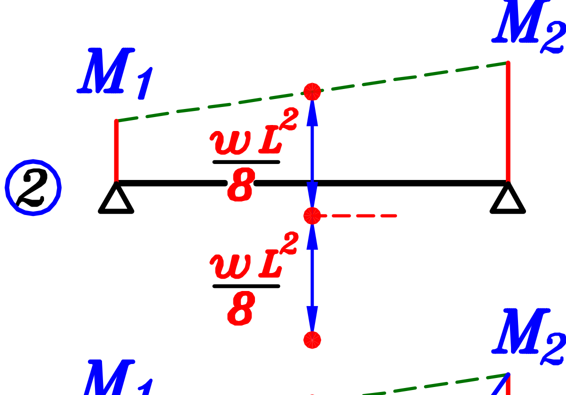
لكى نرسم الـ *parabola* للعزم بالضبط (*to scale*)
نحتاج لرسم ٧ مماسات .



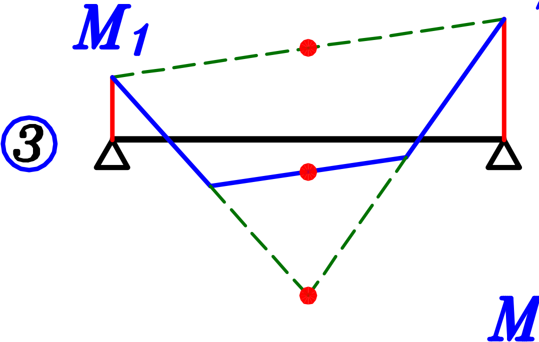
خطوات رسم B.M.D. to scale



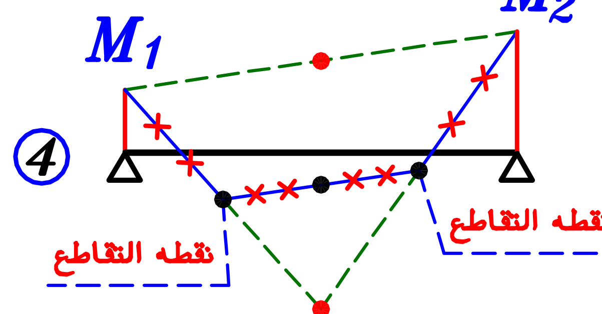
١- نرسم *datum* الكمره بالـ *scale* المطلوب .
و نحدد عليه بمقياس رسم مناسب قيمه
كلا من M_1 & M_2



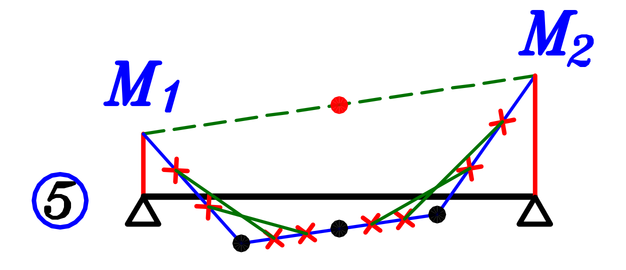
٢- نوصل خط *dotted* بين M_1 & M_2
و ننزل من منتصف الخط الـ *dotted*
قيمه $\frac{wL^2}{8}$ بنفس مقياس رسم M_1 & M_2
ثم ننزل مسافه أخرى بنفس القيمه .



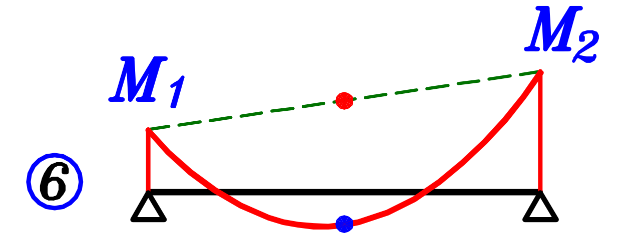
٣- نوصل من النقطه السفلى الى بدايه
و نهايه الـ *parabola*
نوصل خط من النقطه التى فى المنتصف موازى
للخط الـ *dotted*
فيتكون ثلاث مماسات للـ *parabola*



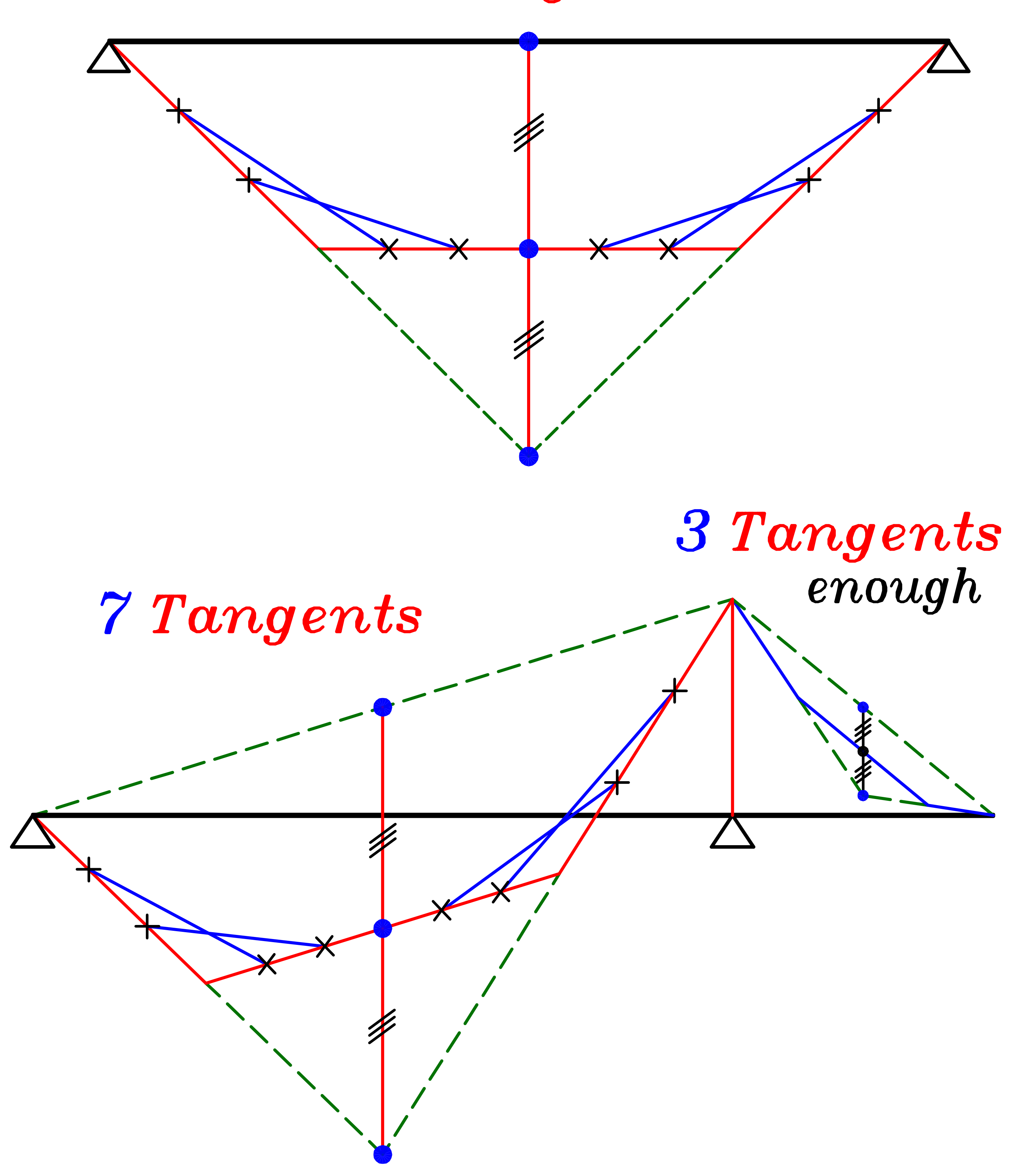
٤- نقسم كل خط الى ثلاث مسافات متساويه



٥- نوصل خطوط بين النقط بحيث نوصل النقطه
القريبه من نقطه التقاطع بالنقطه البعيده
فيتكون الـ ٧ مماسات للـ *parabola*



٦- يتم عمل *curve* يرسم بالـ *French curve*
يمس السبع مماسات فيكون هو الـ *parabola*
المطلوب للـ *moment*

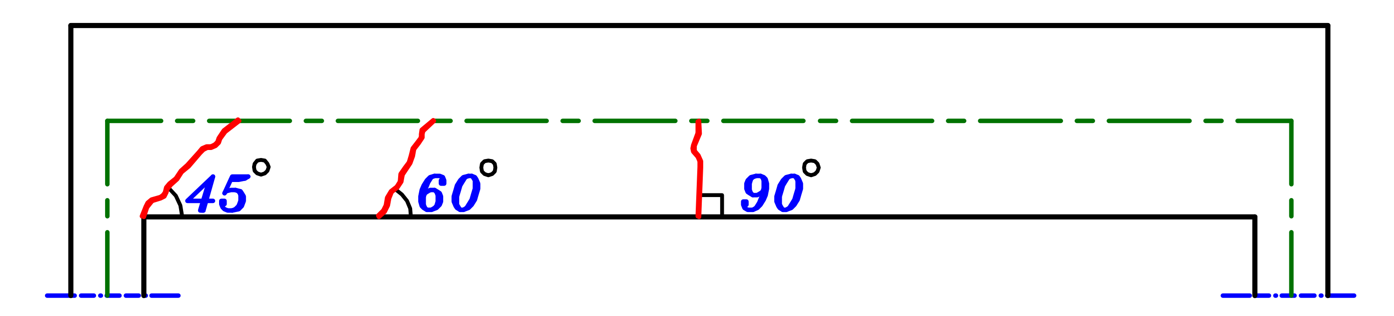

7 Tangents
3 Tangents
enough
7 Tangents

Modified (Displaced) B.M.D.



هو العزم المؤثر على أسياخ الحديد مباشره .
و يستخدم لتوقيف أسياخ الحديد فقط .

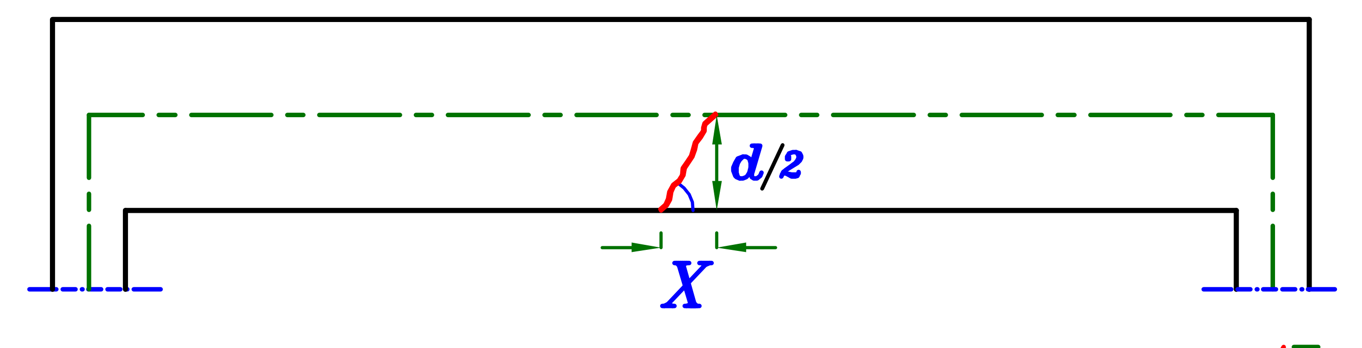
ملحوظه العزم الاصلى المرسوم بـ scale يؤثر على C.L. الكمره و ليس الحديد .



يختلف ميل الشرخ حسب مكان وجوده فى الكمره
و يتراوح ميله بين (٤٥ْ إلى ٩٠ْ) فنأخذ قيمه متوسطه لميل الشرخ و هى ٦٠ْ

ملحوظه نعتبر ميل جميع الشروخ فى الكمره يساوى ٦٠ْ

ملحوظه جميع النقط الموجوده على نفس الشرخ يؤثر عليها نفس ال B.M.



$$\tan 60 = \frac{d/2}{X} \rightarrow X = \frac{d/2}{\tan 60} \rightarrow \boxed{X \simeq 0.3\,d}$$

(60°, d/2, X)

المسافه الافقيه بين نقطتين على نفس الشرخ
لكن واحده عند ال C.L. و الاخرى على الحديد تساوى $0.3\,d$

لان ال B.M.D. المرسوم يكون مرسوم على ال C.L. للكمره وليس للحديد

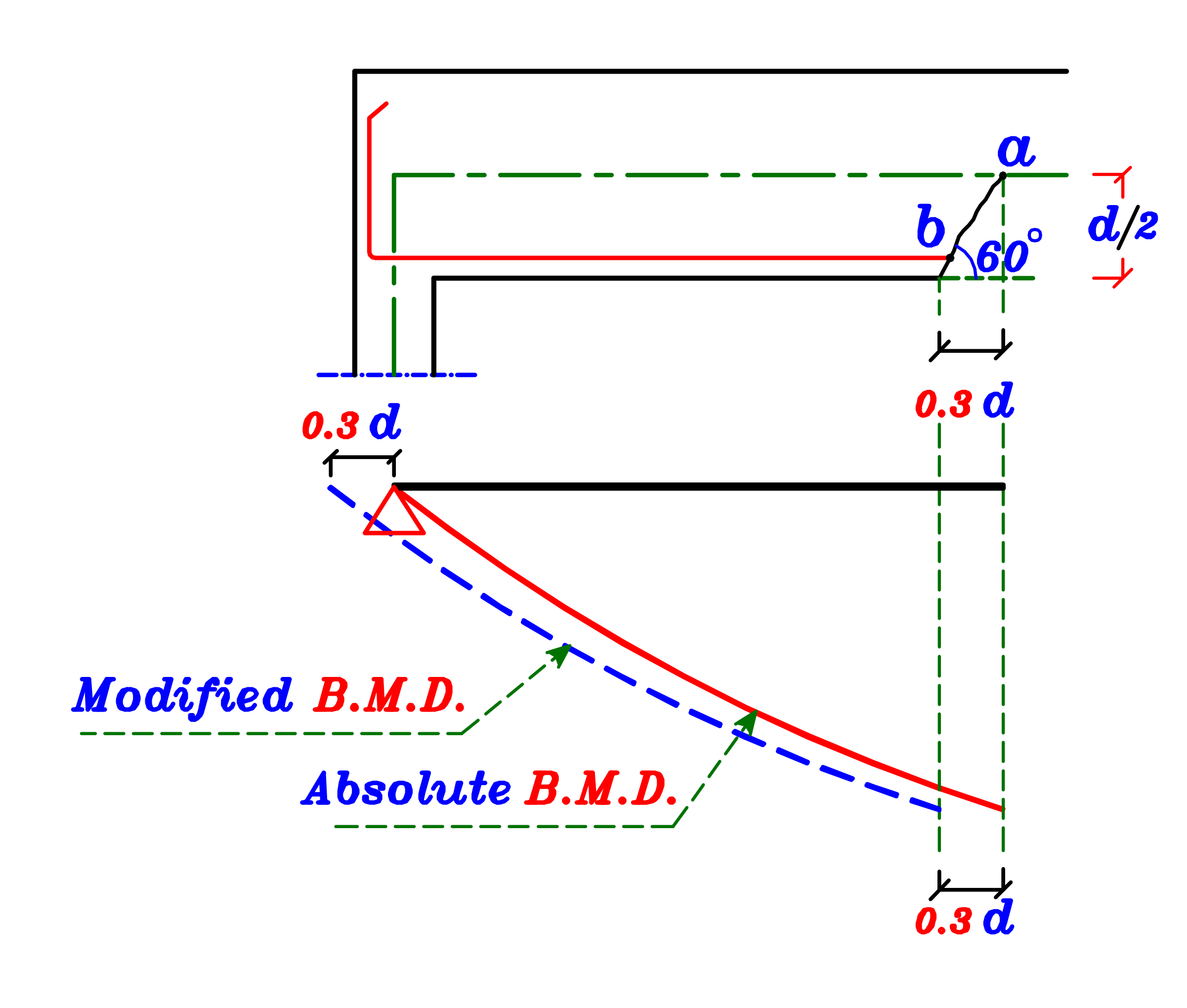
و لان النقطه a الموجوده على ال C.L. موجوده على نفس الشرخ الموجود عليه

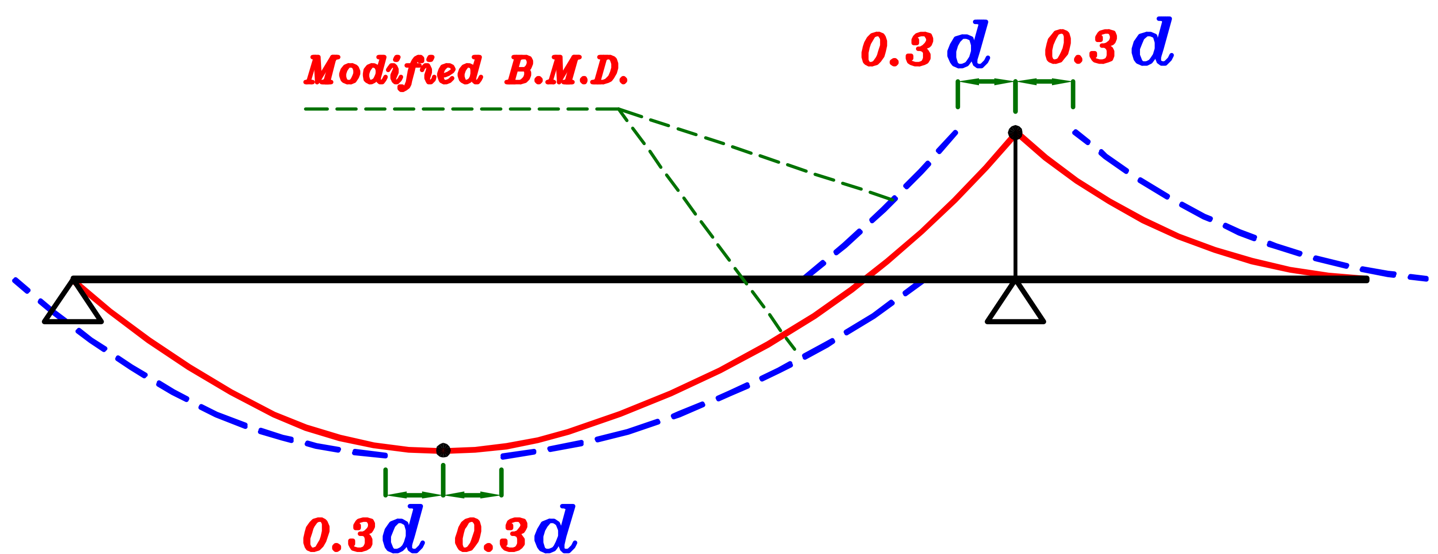
النقطه b الموجوده على الحديد اذا النقطتان يؤثر عليهما نفس قيمه ال B.M.

و لان المسافه الافقيه بين النقطتين تساوى 0.3 d

اذا لرسم ال modified B.M.D. المؤثر على أسياخ الحديد

نعمل على ترحيل ال B.M.D. الاصلى المؤثر على ال C.L. مسافه أفقيه تساوى 0.3 d





Curtailment of Steel. توقيف حديد التسليح



تم تصميم هذه الكمره على أكبر قيمه لل B.M.

Example.

w kN\m`

$$M_{max.} = \frac{w\,L^2}{8}$$

From design $d = C_1 \sqrt{\dfrac{M_{max.}}{F_{cu}\, b}}$

$$A_s = \frac{M_{max.}}{J\, F_y\, d} = 1050\ mm^2$$

From Tables choose $A_s = 6\phi 16 = 1210\ mm^2$

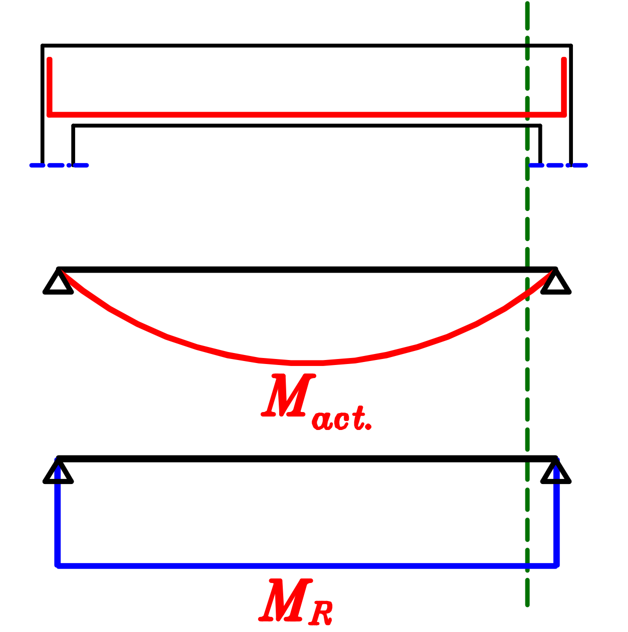
$\therefore A_{s(Required)} = 1050\ mm^2$, $A_{s(Chosen)} = 1210\ mm^2$

$\because A_{s(Chosen)} > A_{s(Required)}$ ∴ القطاع سوف يتحمل عزم أكبر من العزم المؤثر عليه

Moment of Resistance $(M_R) >$ Actual Moment $(M_{act.})$

العزم الذى يتحملة القطاع $>$ العزم المؤثر

$$M_R = \frac{A_{s\,(Chosen)}}{A_{s\,(Required)}} * M_{act.}$$



إذا لم يتم عمل توقيف لأسياخ الحديد ستظل مقاومه القطاع تساوى M_R على طول الكمره.

و توفيراً للحديد يفضل عمل توقيف لأسياخ الحديد حسب شكل ال B.M. .

كلما قل ال B.M. نعمل على توقيف مجموعه من أسياخ الحديد.

خطوات الرسم :

١ـ أرسم الكمره بمقياس الرسم المطلوب.

٢ـ أرسم ال B.M.D. بمقياس رسم
- الأفقى نفس مقياس رسم الكمره .
- الرأسى مقياس رسم مناسب من إختيارك.

٣ـ أحسب ال M_R

$$M_R = \frac{A_{s\,(Chosen)}}{A_{s\,(Required)}} * M_{act.}$$

٤ـ وقع قيمه ال M_R على ال B.M.D. بنفس المقياس الرأسى لل B.M.D. .

٥ـ نقسم أسياخ التسليح إلى مجموعتين أو ثلاث مجموعات بشروط :

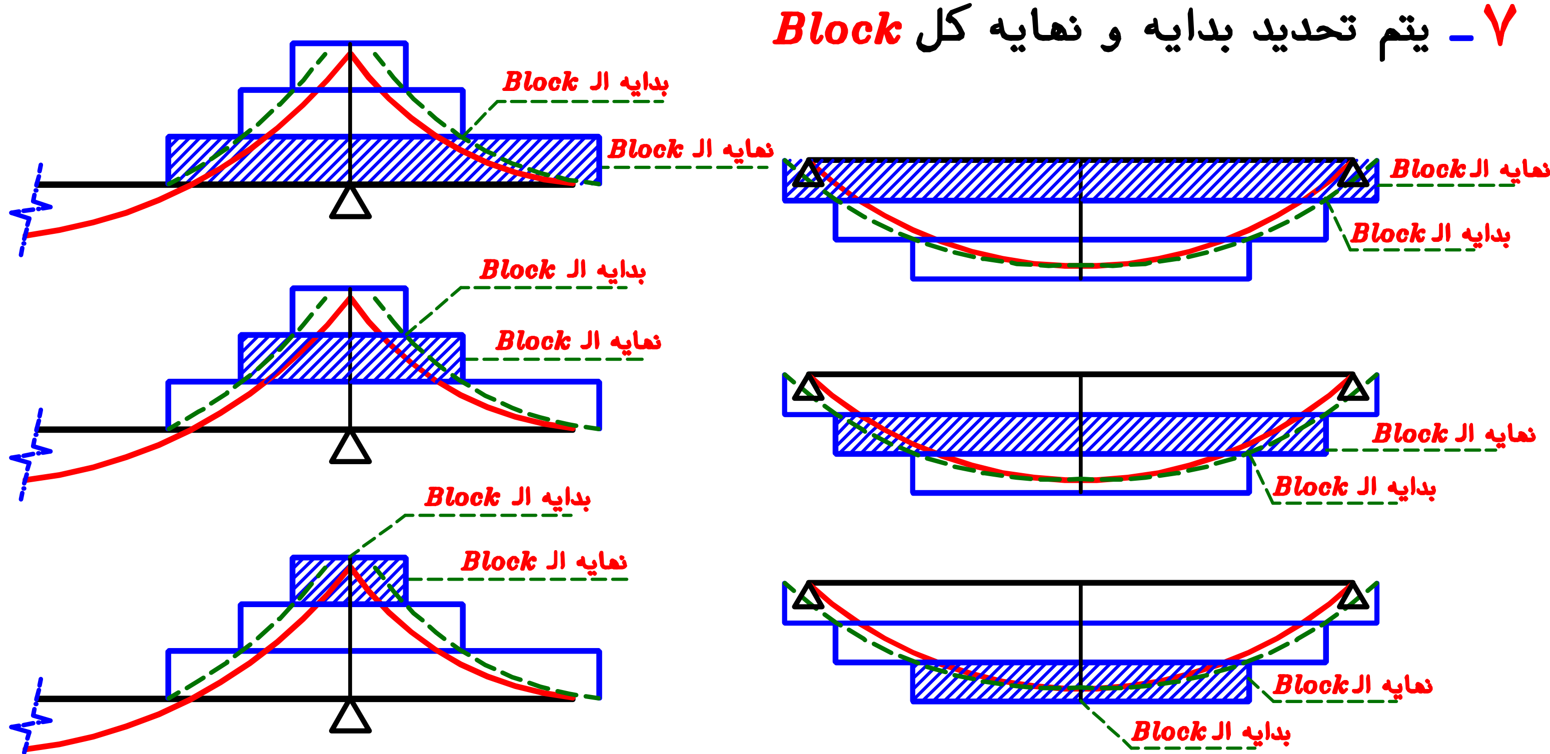
أ ـ كل مجموعه تحتوى على الأقل على سيخين .

ب ـ يجب أن يصل على الأقل $\frac{١}{٣}$ أسياخ الحديد من ال Support إلى Support.

٦ـ نرسم ال Blocks لل M_R مع مراعاة أن الأسياخ التى تسير مسافه أكبر تكون جهه ال datum

datum

٧ـ يتم تحديد بدايه و نهايه كل Block



٨ - يتم توقيف أسياخ الحديد الخاص بكل **Block** عند الطول الابعد من القيم الاتيه :



أ - المسافه $L_d + 0.3\,d$ من بدايه الـ **Block** .

ب - المسافه L_a من نهايه الـ **Block** .

L_a = Anchorage Length.

هى المسافه التى يمتدها التسليح بدايه من المنطقه التى تكون الاسياخ فيها غير مطلوبه لمقاومه الـ *moment* .

و تحسب قيمه L_a الاكبر من الثلاث قيم الاتيه :

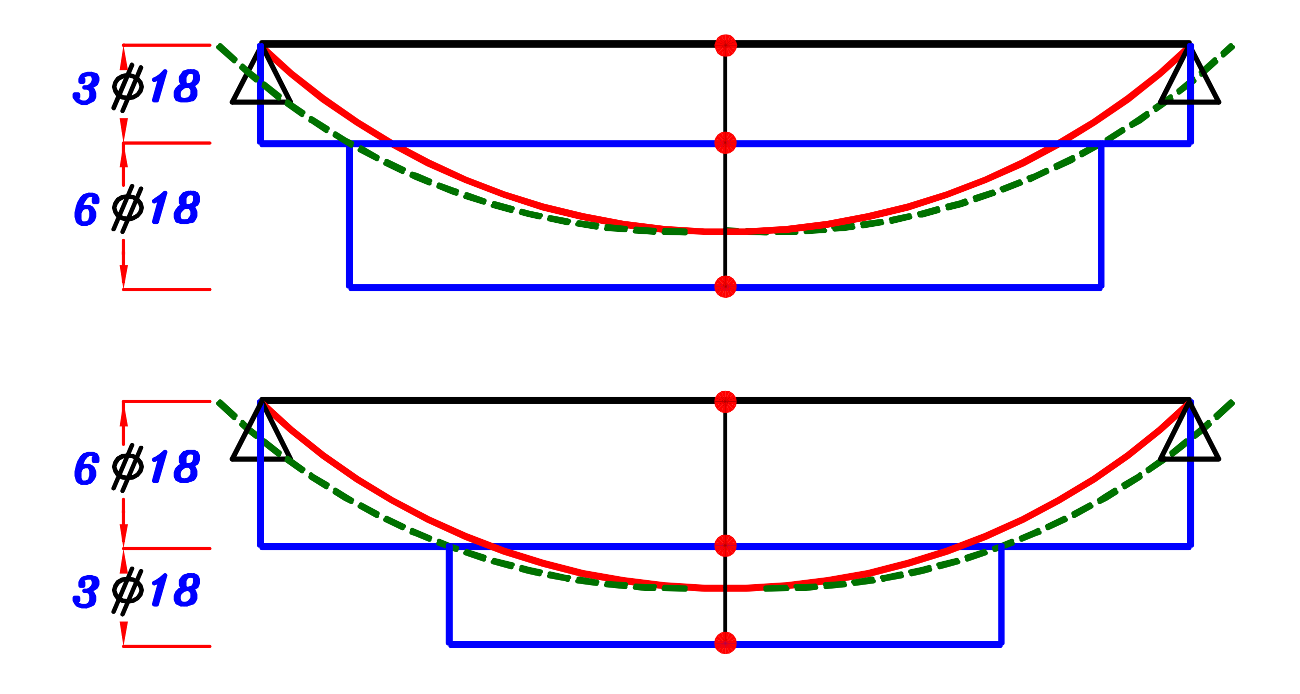
$$L_a = \text{الأكبر} \begin{cases} 0.7\,d \\ 10\,\phi \\ \frac{L}{20} \end{cases}$$

غالبا تؤخذ $L_a \simeq 0.7\,d$

٩ - إذا قسمنا الاسياخ بنسب غير متساويه .

يجب أن نكمل على الاقل $\frac{١}{٣}$ أسياخ الحديد .

و يقسم طول الـ M_R بنفس نسبه تقسيم المساحات .

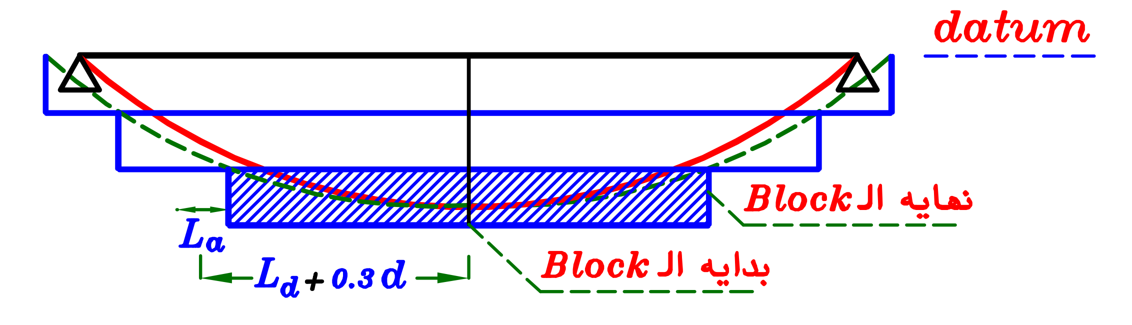


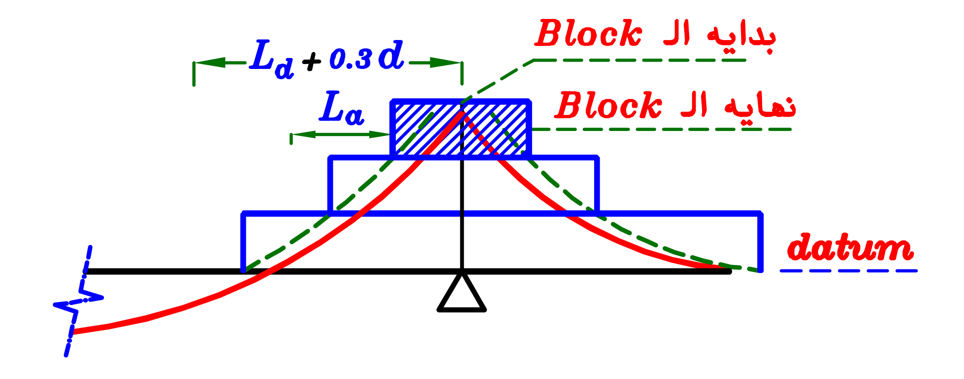
أماكن توقيف أسياخ الحديد .

أ - أخر Block (الأبعد عن ال datum)

نوقف أسياخ الحديد عند الأبعد من $L_d + 0.3\,d$ من بدايه ال Block

L_a من نهايه ال Block

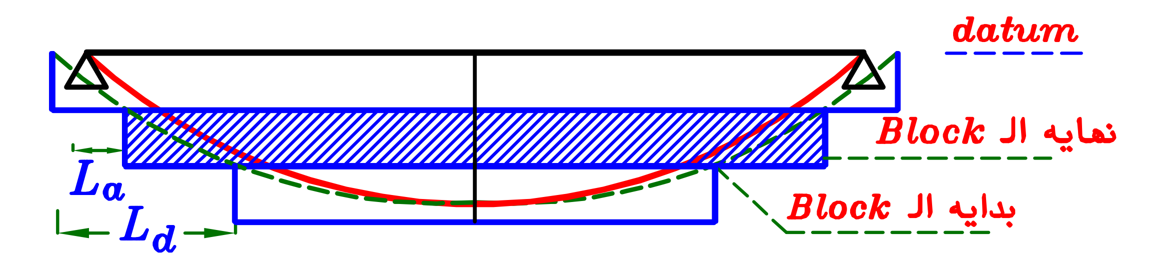


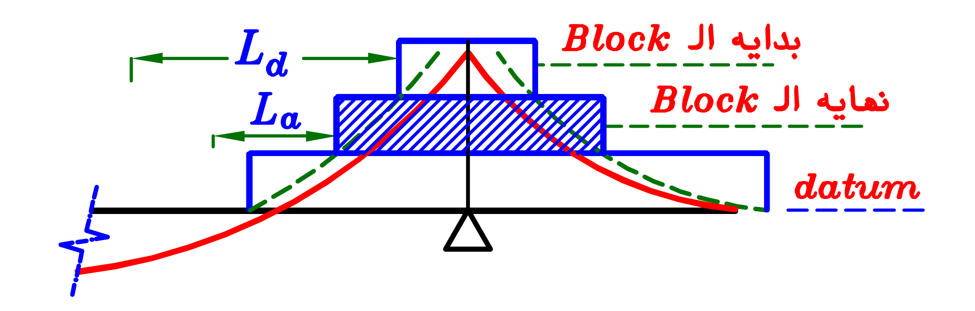


ب - باقى ال Blocks .

نوقف أسياخ الحديد عند الأبعد من L_d من بدايه ال Block

L_a من نهايه ال Block





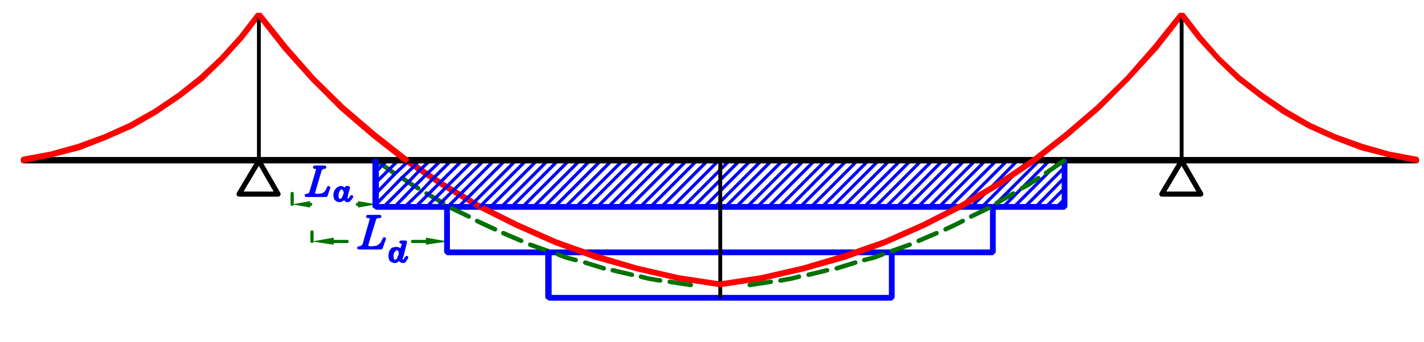
جـ - أول Block سفلى (الأقرب من ال datum)

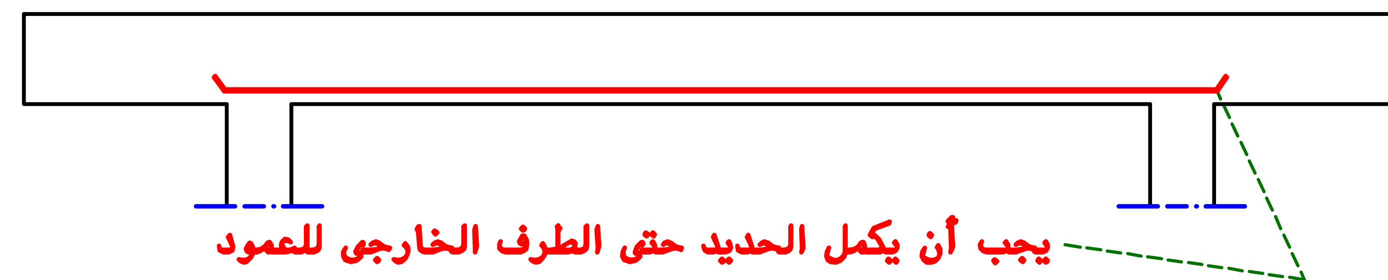
يجب أن يكمل الحديد من وش العمود الى وش العمود

حتى إذا لم يكن الابعد من L_d من بدايه ال Block

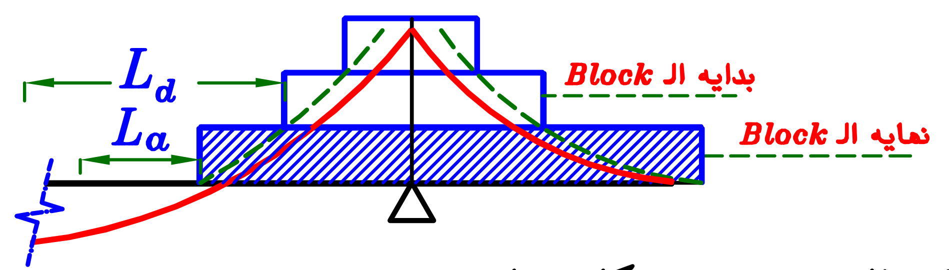
أو L_a من نهايه ال Block

لم يصل إلى الطرف الخارجى للعمود



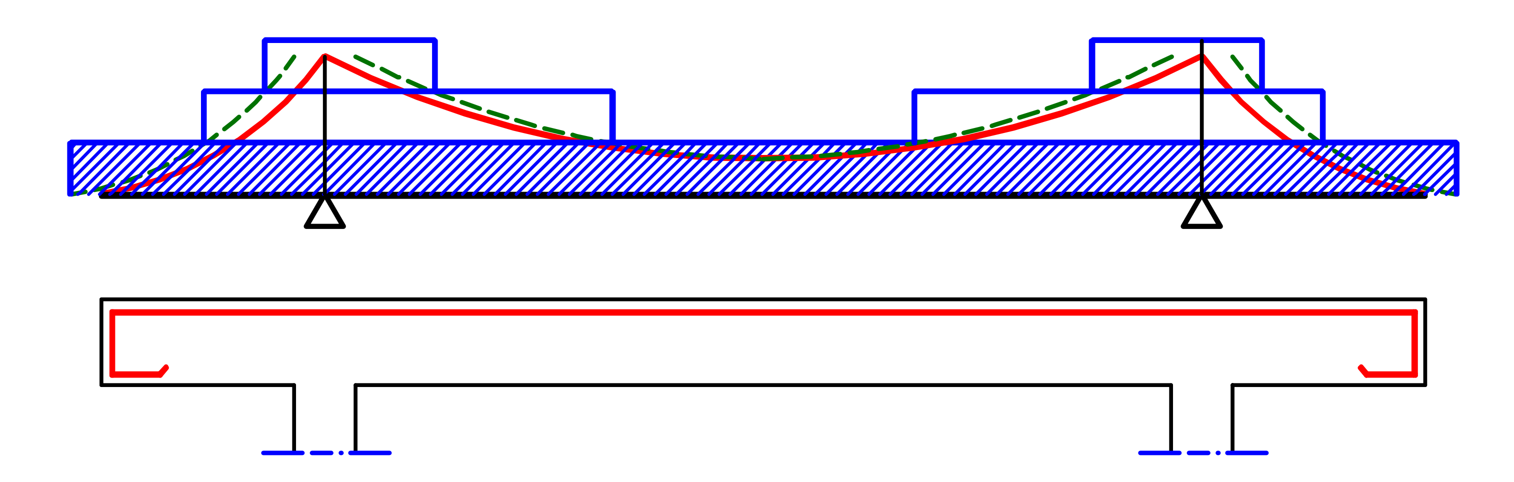


د - أما أول Block علوى فيعامل معامله ال Blocks العاديه



هـ - اذا كان ال moment كله علوى

سوف يكون هناك Block علوى مكمل من أول ال moment الى أخره

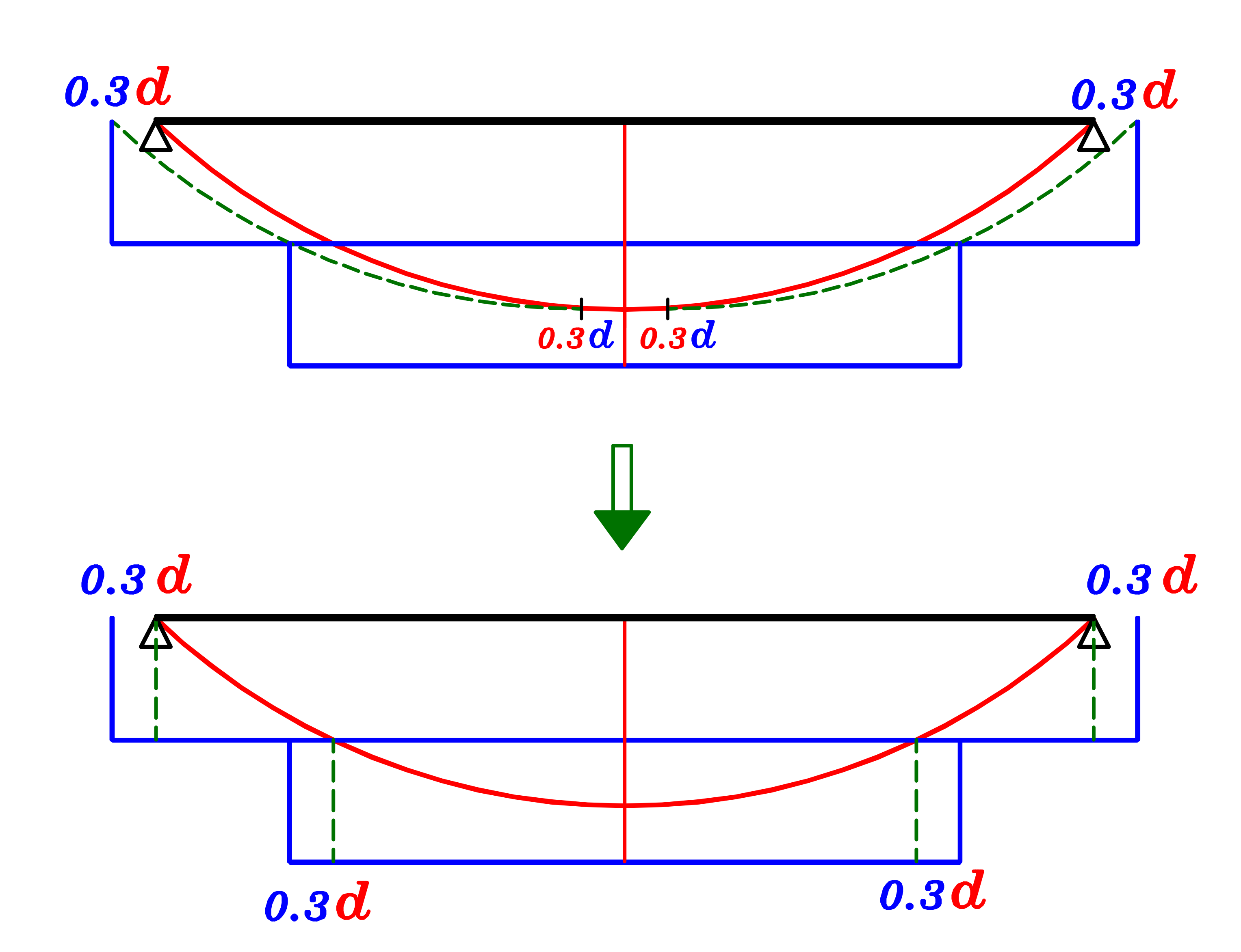


ممكن بدلا من رسم ال **Modified B.M.D.**

ممكن رسم ال **B.M.D.** الاصلى .

ثم رسم ال **Blocks** لتتقاطع مع ال **B.M.D.** الاصلى .

ثم نعمل ازاحه لل **Blocks** للخارج مسافه أفقيه تساوى **0.3 d**

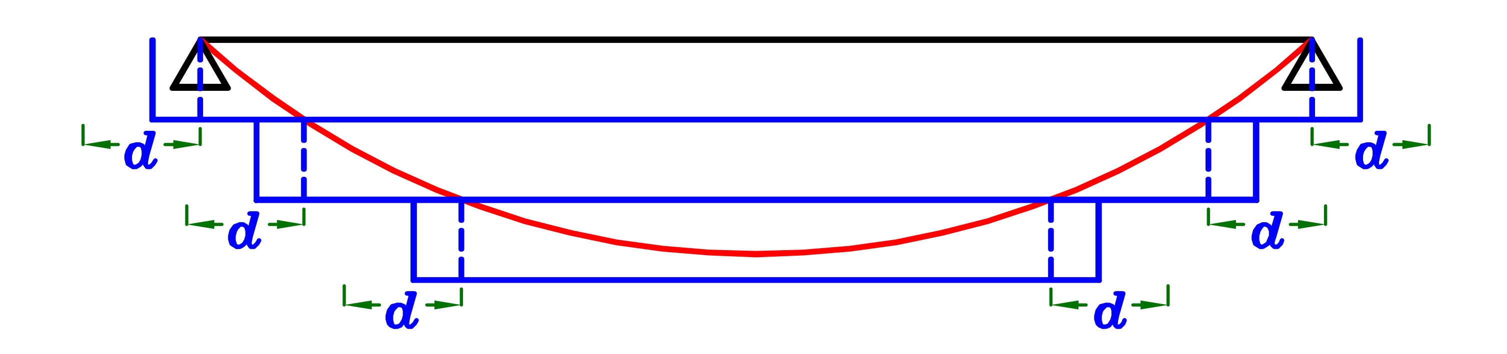


للتسهيل ممكن توقيف أسياخ الحديد عند الابعد من اقيم التاليه

طريقه تقريبيه

١ - اذا كان العزم سفلى .

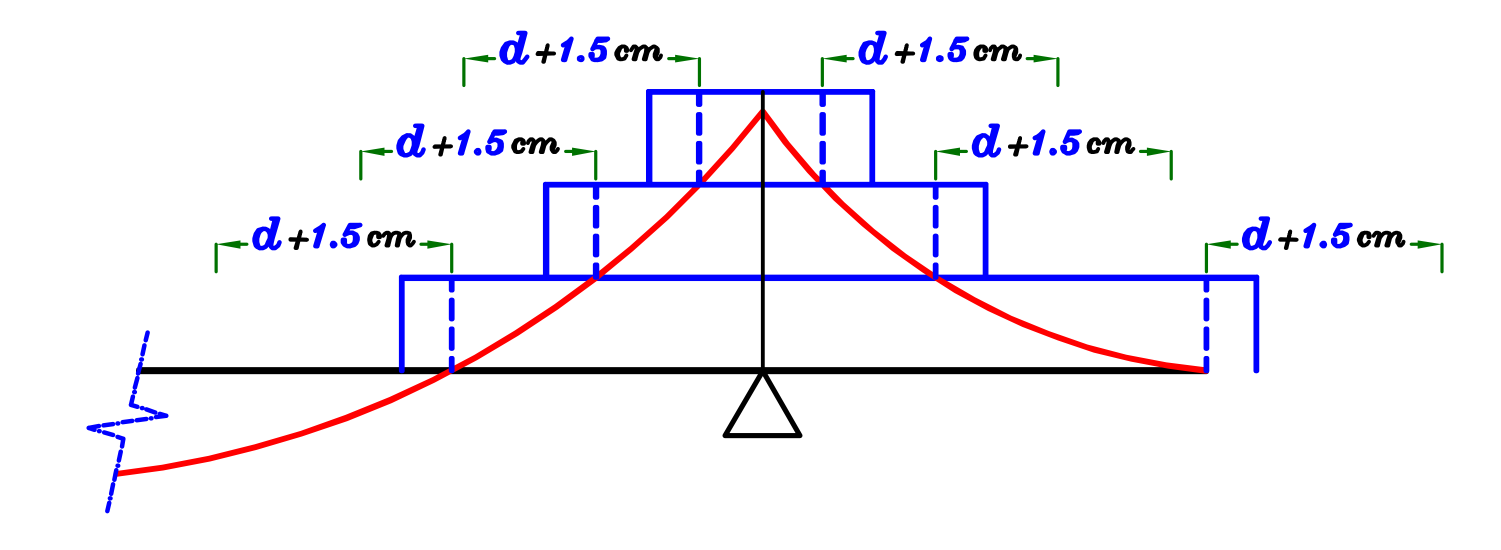
نبعد عن الخط الـ dotted مسافه d



في حدود ١,٥٠ سم

٢ - اذا كان العزم علوى .

نبعد عن الخط الـ dotted مسافه (مسافه بسيطه + d)



ملحوظه .

بعد دراسه درس ال Shear

في المنطقه التى سنوقف عندها مجموعه من التسليح

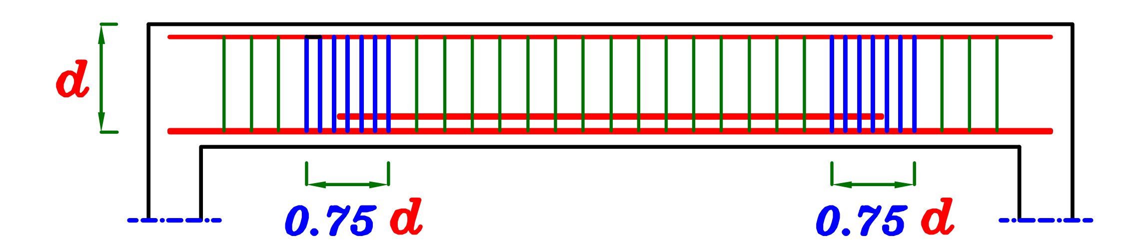
يجب ان يكون :

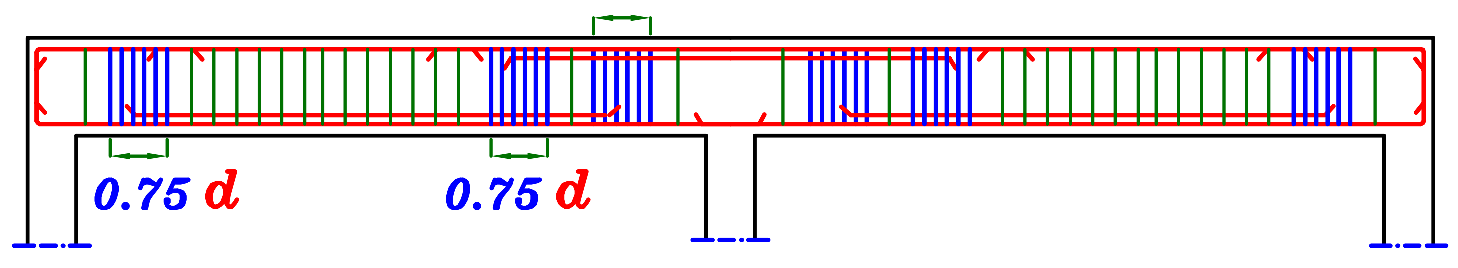
(a) $$q_u = \frac{Q}{b*d} \ngtr \frac{2}{3}\left(\frac{q_{cu}}{2} + \frac{n\,A_s(F_y \backslash \gamma_s)}{b\ S}\right)$$

(b) نعمل تكثيف للكانات فى المنطقه التى سنوقف عندها مجموعه من اسياخ التسليح بحيث تكون الكانات الكليه فى هذه المنطقه تساوى

$$n * A_s = \left(q_u - \frac{q_{cu}}{2}\right) * \frac{b\ S}{(F_y \backslash \gamma_s)} + \frac{0.4}{F_y} * b\ S$$

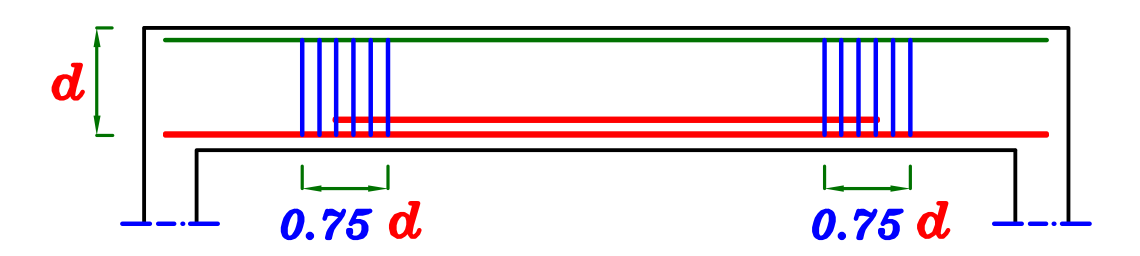
و تمتد فى مسافه لا تقل عن 0.75 d





ملحوظه .

عند توقيف جزء من اسياخ الحديد نحتاج لوضع كانات اضافيه فى هذه المنطقه .
لمسافه لا تقل عن $0.75\ d$



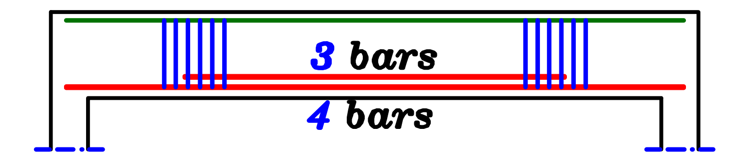
$$\beta = \frac{A_{s\,cut}}{A_{s\,total}} = \frac{\text{مساحه الحديد الذى سيتم توقيفه فى هذه المنطقه}}{\text{المساحه الكليه للحديد}}$$

$$S = \frac{d}{8\ \beta} \qquad S \not> 200\ mm$$

$$A_{s\,add} = n\ A_s = 0.4\ \frac{b\ S}{F_y}$$

Example. $b = 250\ mm$, $d = 550\ mm$

$$\beta = \frac{A_{s\,cut}}{A_{s\,total}} = \frac{3}{7} = 0.428$$



$$S = \frac{d}{8\beta} = \frac{550}{8 * 0.428} = 160.6\ mm$$

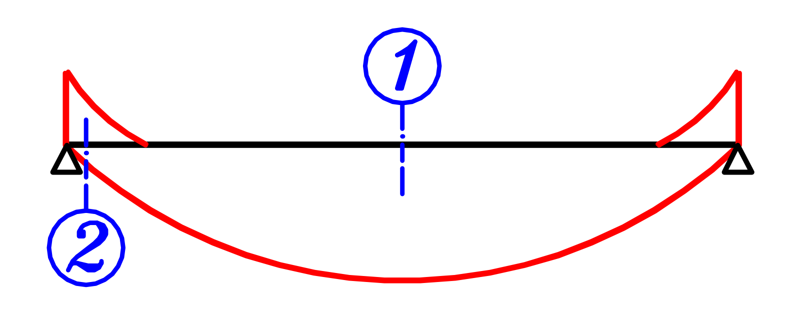
$$A_{s\,add} = n\ A_s = 0.4\ \frac{b\ S}{F_y} = 0.4 * \frac{250 * 160.6}{240} = 66.9\ mm^2$$

take $n = 2 \longrightarrow 2 * A_s = 66.9 \longrightarrow A_s = 33.45\ mm^2 \longrightarrow \phi\ 8$

No. of stirrups\m` $= \frac{1000}{S} = \frac{1000}{160.6} = 6.22 = 7.0$

Additional Stirrups $7\ \phi 8 \backslash m`$

Example. (Simple Beam)



Sec ① $d = 800\ mm$ $A_s = 6\,\phi 16$ $n = 5$

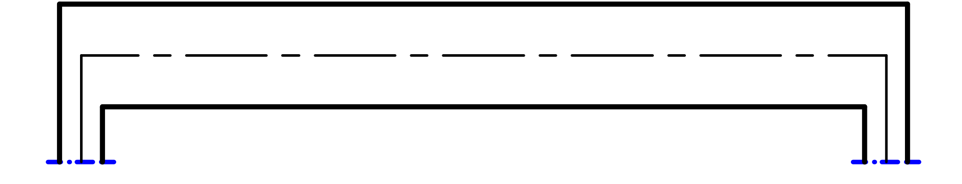
Sec ② $A_s = 2\,\phi 16$

Req.

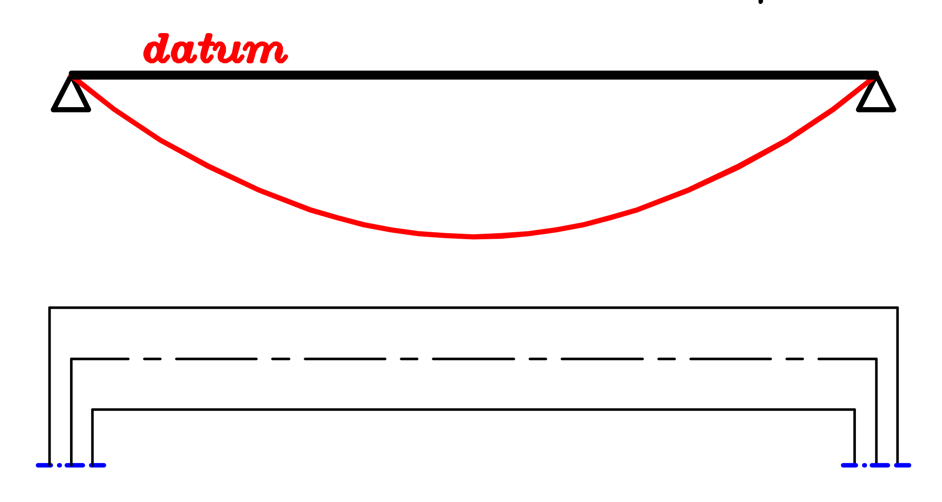
Draw the RFT. of the beam to scale 1:25 making a curtailment using moment of resistance.

خطوات الرسم .

١- أرسم الكمره بمقياس الرسم المطلوب .



٢- نرسم الـ B.M.D. to scale بحيث يكون الـ datum موازى لـ C.L. الكمره و تكون أماكن الـ supports عند C.L. الاعمده .
و نختار مقياس رسم رأسى مناسب فى اللوحه .

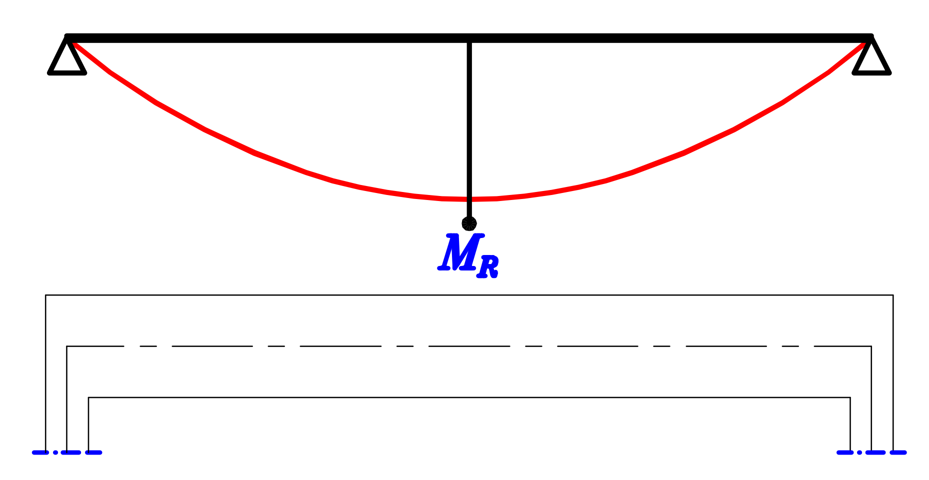


$$M_R = \frac{A_{s\,(Chosen)}}{A_{s\,(Required)}} * M_{act.}$$

٣- نحدد قيمه M_R لهذا القطاع من المعادله

و نوقع قيمه M_R على رسمه B.M.D. بنفس الـ scale الرأسى

و يكون مكان الـ M_R عند أكبر moment لهذا القطاع .



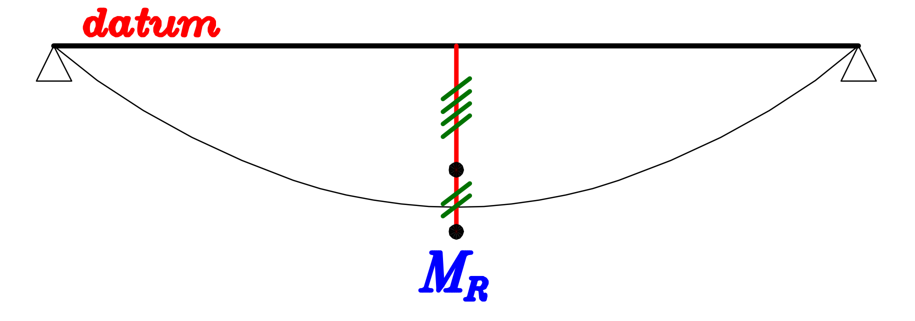
٤- نقسم تسليح هذا القطاع مثلا

$6\phi16$ → $4\phi16$ تكمل من وش العمود الى وش العمود

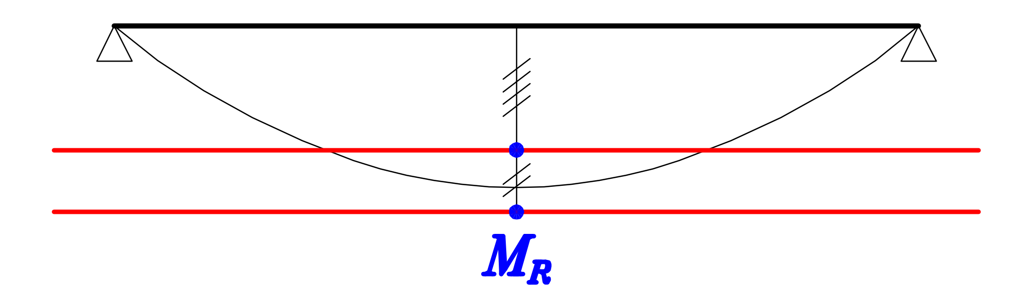
→ $2\phi16$ تقف بال Blocks

فيتم تقسيم طول الـ M_R الموجود على الرسمه بنفس النسبه

مع مراعاه أن الاسياخ المكله تكون دائما ناحيه الـ datum

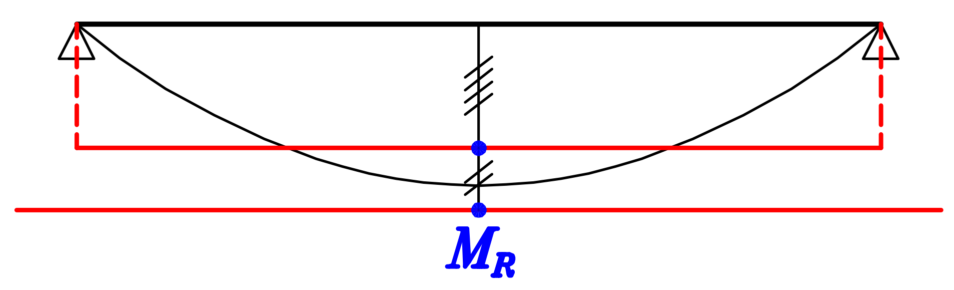


٥- نرسم من نقط تقسيم الـ M_R خطوط موازيه للـ datum

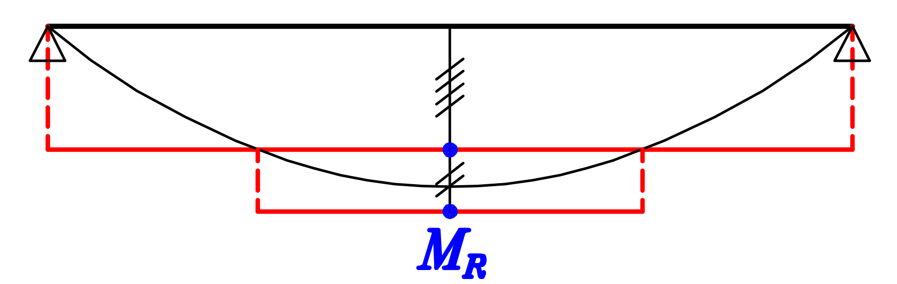


٦- نعمل على رسم البلوكات بالترتيب الاتى

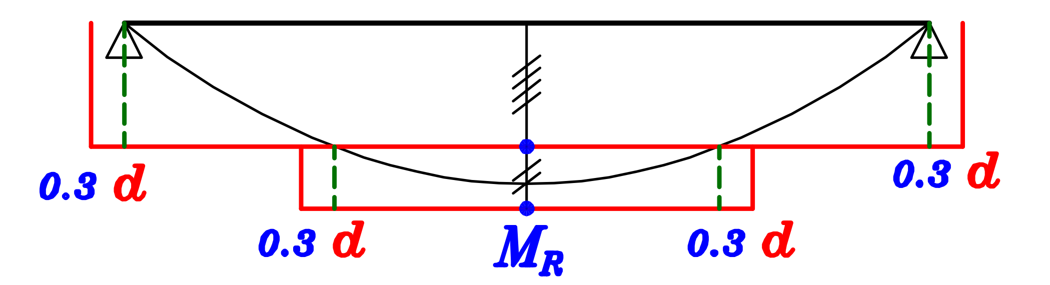
- نقفل ال **Block** الذى جهه ال **datum** أولا من عند نقط ال **zero moment**
نرسم خطوط **dotted** عموديه على ال **datum**



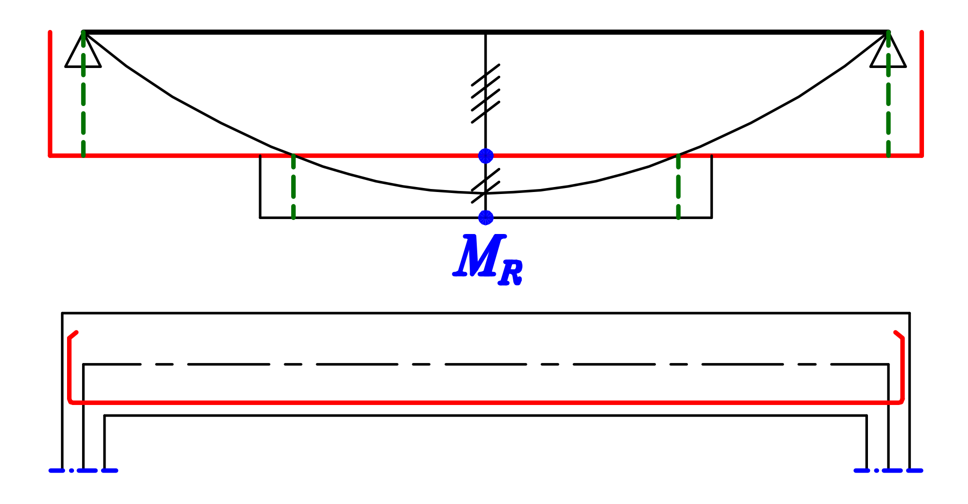
- نقفل ال **Block** التالى له (الابعد عن ال **datum**)
من نقط تقاطع ال **Block** الاول مع ال **B.M.D.**



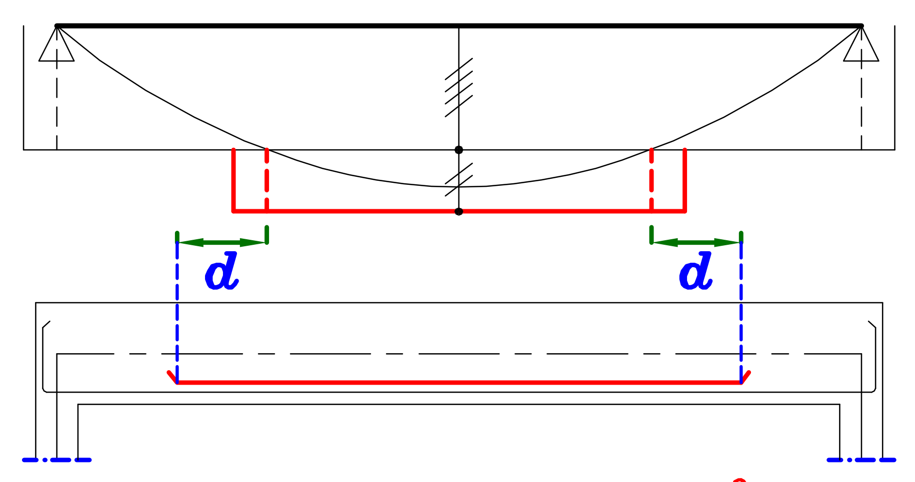
٧- نرحل الخطوط ال **dotted** الموجوده فى نهايه كل **Block** للخارج مسافه
موازيه لل **datum** تساوى **0.3 d** بنفس **scale** الكمره .



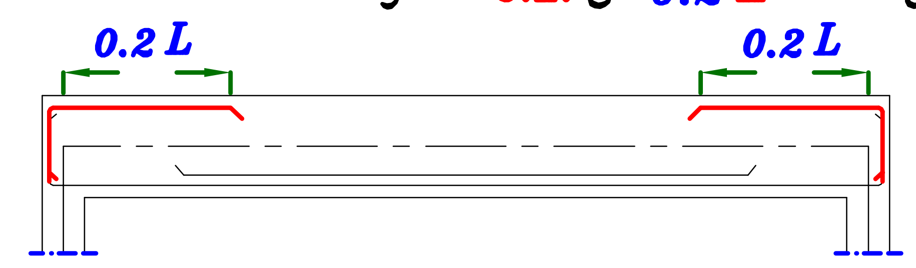
٨- نرسم تسليح أول **Block** (الموجود بجوار ال **datum**) و يكمل من وش العمود الى
وش العمود و يعمل ركبه (مثل ال **Empirical**)



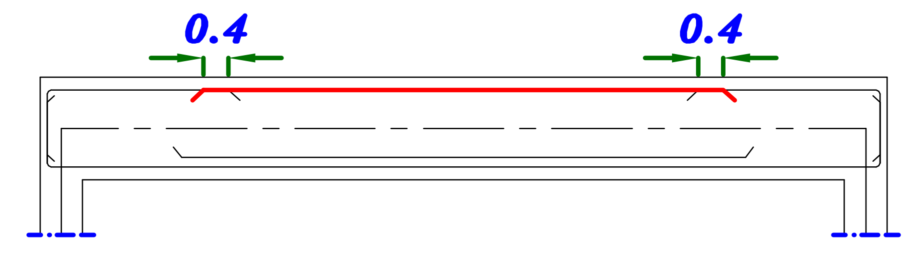
٩- نرسم تسليح الـ **Block** الثانى بحيث يمتد مسافه **d** من الخط الـ **dotted**



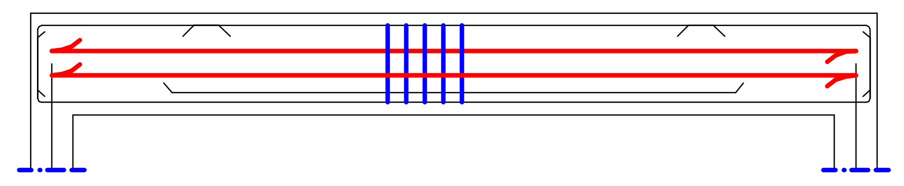
١٠- نرسم التسليح للعزم $\frac{wL^2}{24}$ (مثل الـ **Empirical**)
و يمتد حتى مسافه **0.2 L** من **C.L.** العمود .



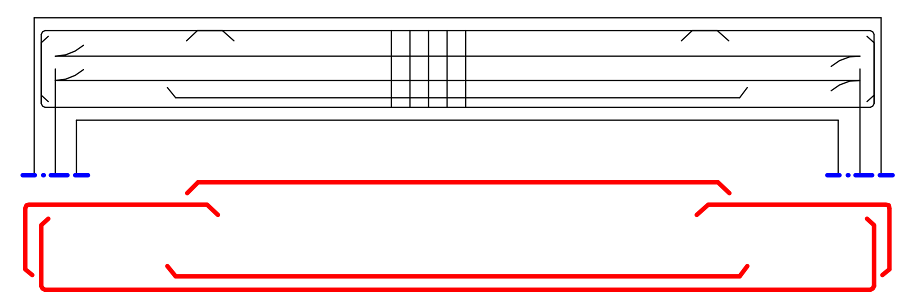
١١- فى المنطقه الباقيه نمد تسليح **Hangers stirrup**
و يعمل تداخل مع التسليح الرئيسى مسافه **0.4 m**



١٢- نرسم الكانات و الـ **shrinkage bars**



١٣- نرسم التفريد



2 ϕ10

2 ϕ16

2 ϕ16

2 ϕ16

4 ϕ16

ممكن للتوفير أكثر عمل ٣ بلوكات

2 ϕ10

2 ϕ16

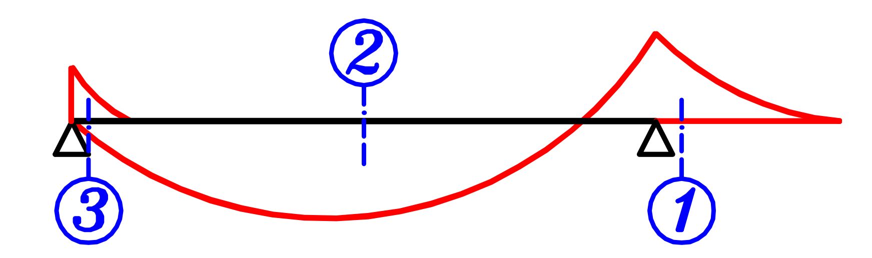
2 ϕ16

2 ϕ16

2 ϕ16

2 ϕ16

Example. (Beam with Cantilever)



Sec ① $d = 800\ mm$ $A_s = 7\phi16$ $n = 5$

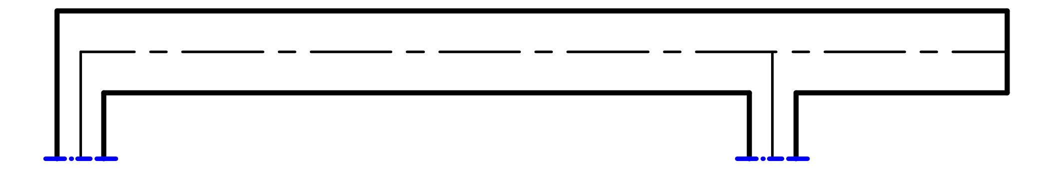
Sec ② $A_s = 6\phi16$

Req.

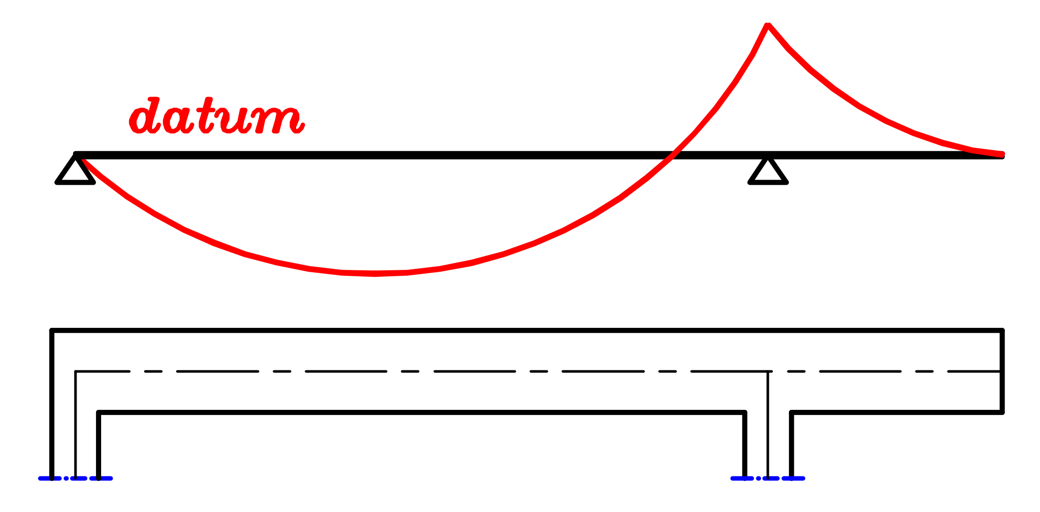
Draw the RFT. of the beam to scale 1:25 making a curtailment using moment of resistance. Using 3 Blocks.

خطوات الرسم .

١ـ أرسم الكمره بمقياس الرسم المطلوب .



٢ـ نرسم الـ **B.M.D. to scale** بحيث يكون الـ **datum** موازى لـ **C.L.** الكمره و تكون أماكن الـ **supports** عند **C.L.** الاعمده .
و نختار مقياس رسم رأسى مناسب فى اللوحه .

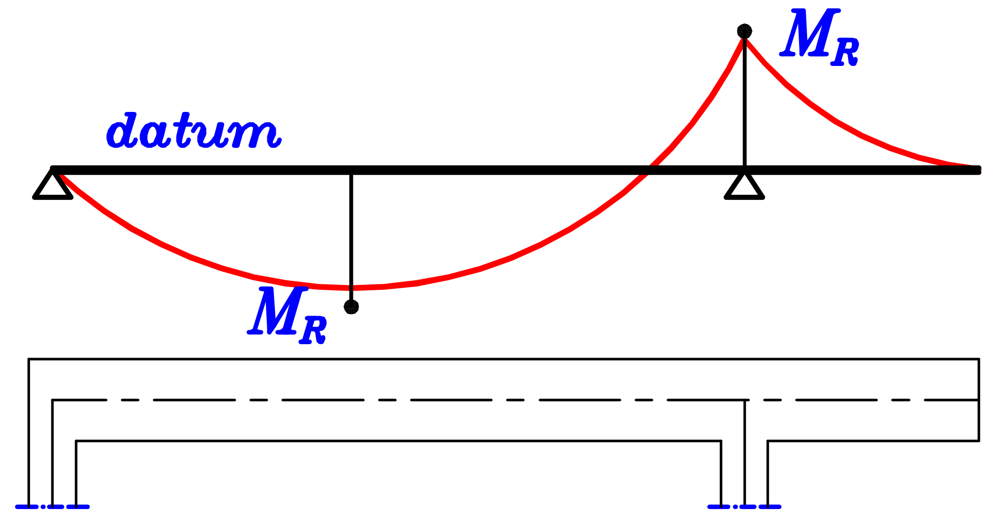


$$M_R = \frac{A_{s\,(Chosen)}}{A_{s\,(Required)}} * M_{act.}$$

٣ـ نحدد قيمه M_R للقطاعان من المعادله

و نوقع قيمتى M_R على رسمه **B.M.D.** بنفس الـ **scale** الرأسى

و يكون مكان الـ M_R عند أكبر **moment** علوى و سفلى



٤ـ نبدأ بتقسيم الـ M_R السفلى الى ٣ بلوكات

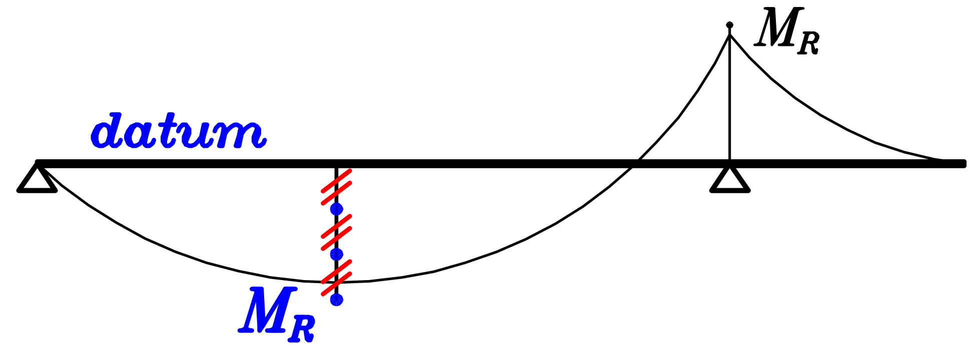
6 Φ16 ⟶ 2 Φ16 تكمل من وش العمود الى وش العمود

2 Φ16 Blocks تقف بالـ

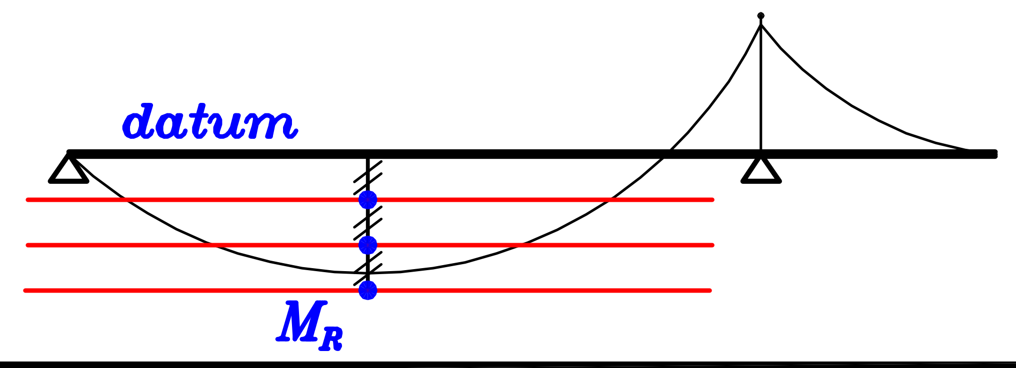
2 Φ16 Blocks تقف بالـ

فيتم تقسيم طول الـ M_R الموجود على الرسمه بنفس النسبه

مع مراعاه أن الاسياخ المكله تكون دائما ناحيه الـ **datum**

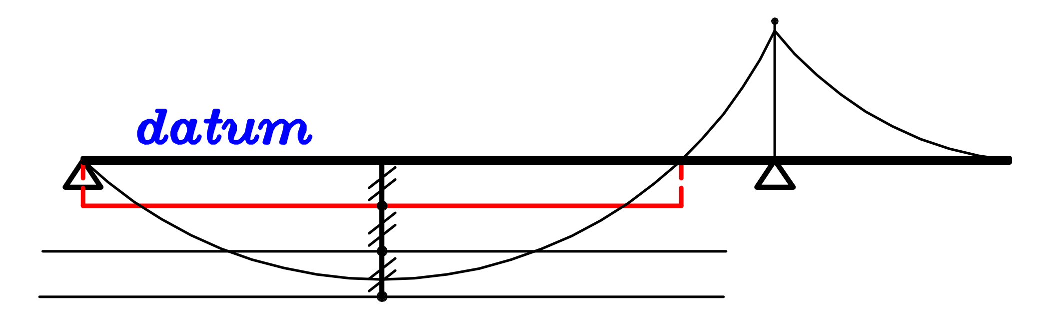


٥ـ نرسم من نقط تقسيم الـ M_R خطوط موازيه لـ **datum**

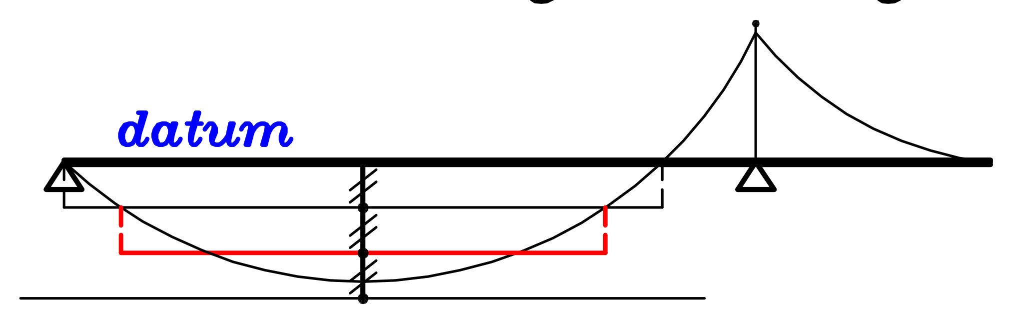


٦- نعمل على رسم البلوكات بالترتيب الاتى

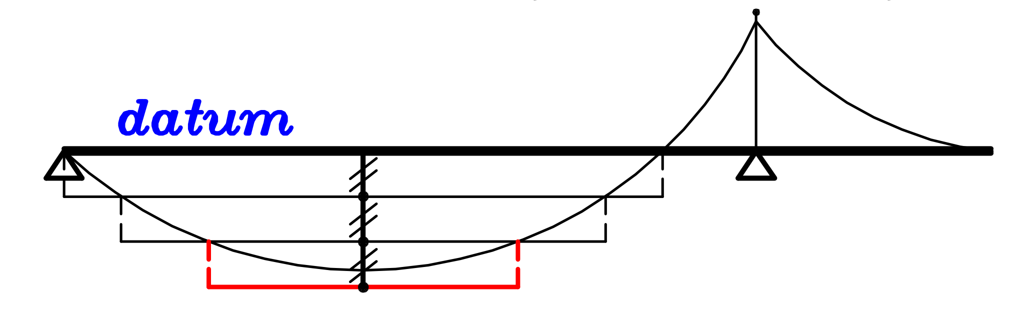
- نقفل ال **Block** الذى جهه ال **datum** أولا من عند نقط ال **zero moment**
نرسم خطوط **dotted** عموديه على ال **datum**



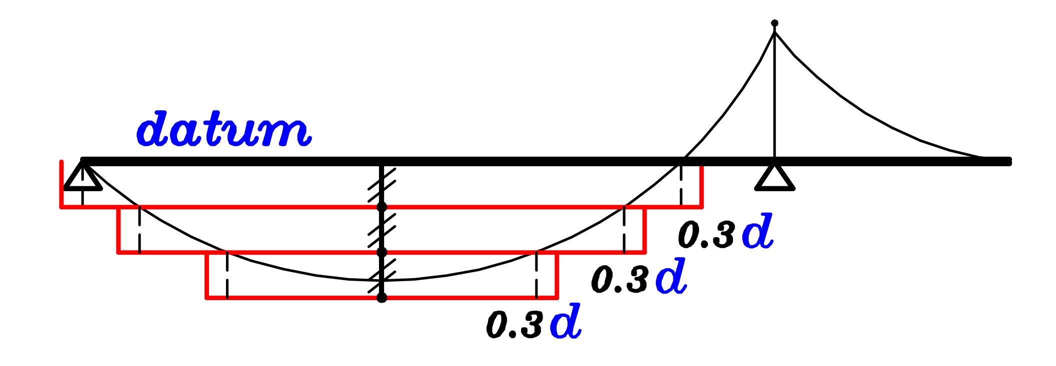
- نقفل ال **Block** التالى له (الابعد عن ال **datum**)
من نقط تقاطع ال **Block** الاول مع ال **B.M.D.**



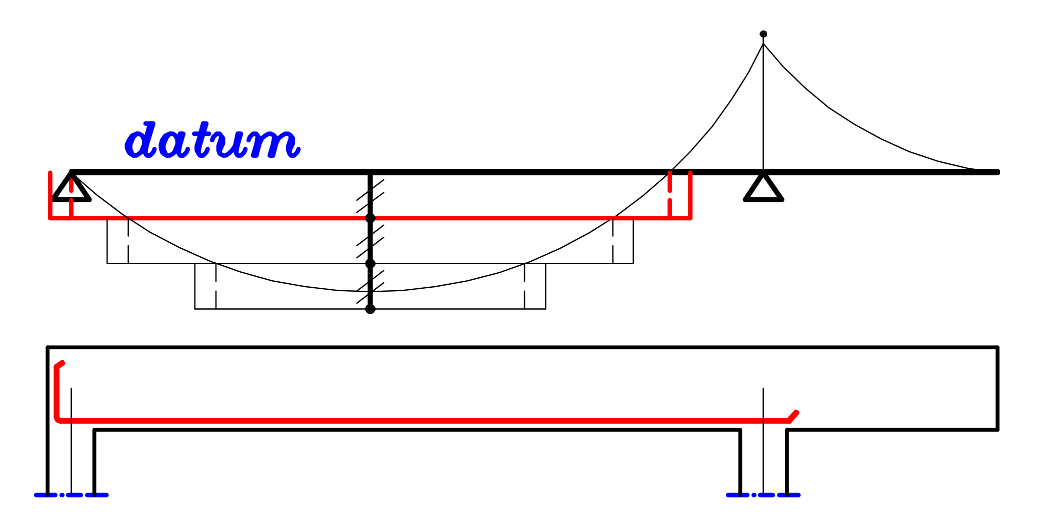
- نقفل ال **Block** التالى له (الابعد عن ال **datum**)
من نقط تقاطع ال **Block** الثانى مع ال **B.M.D.**



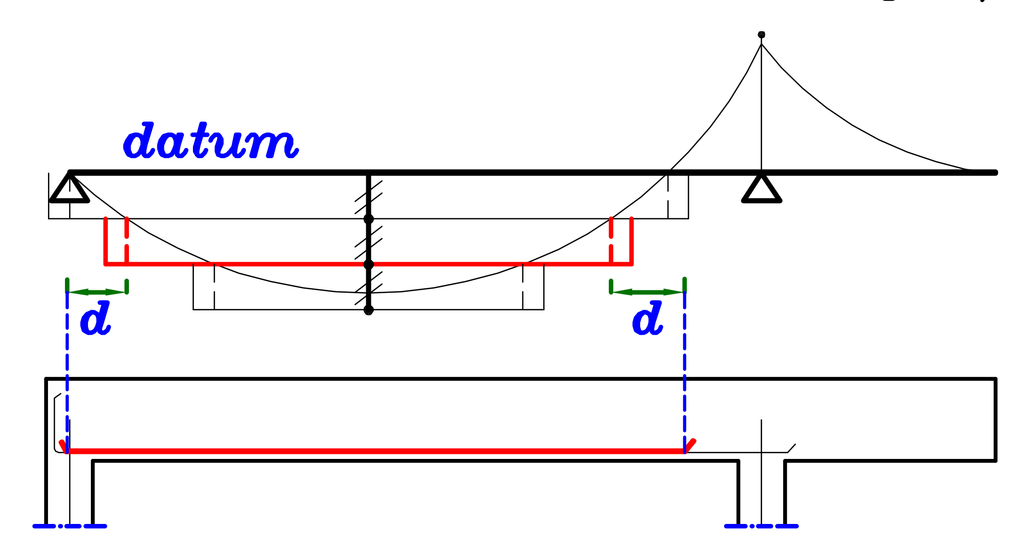
٧- نرحل الخطوط ال **dotted** الموجوده فى نهايه كل **Block** للخارج مسافه موازيه لل **datum** تساوى **0.3 d** بنفس **scale** الكمره .



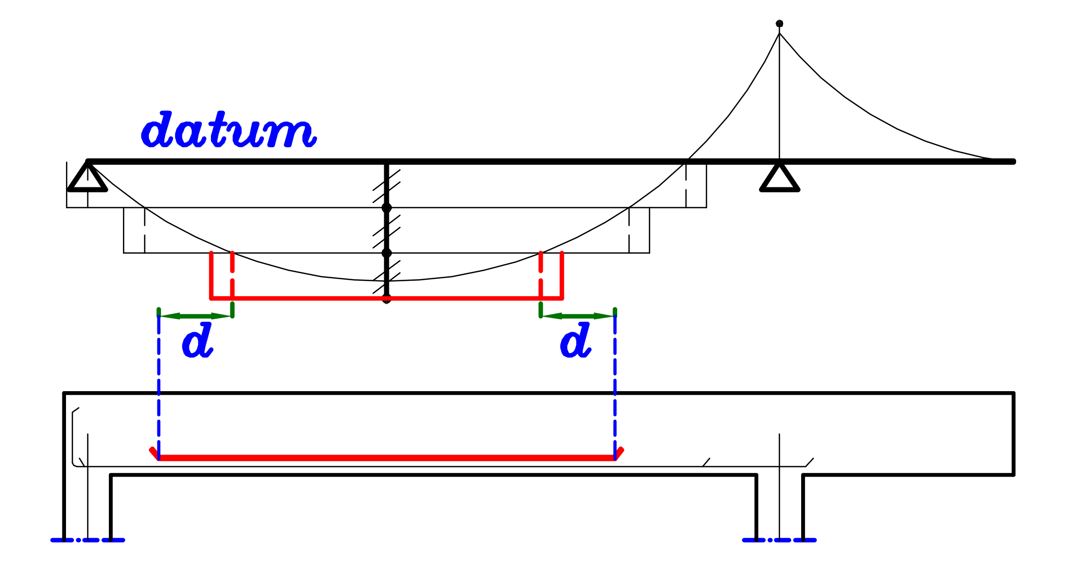
٨ ـ نرسم تسليح أول **Block** (الموجود بجوار ال **datum**) و يكمل من وش العمود الى وش العمود و يعمل ركبه مع العمود الذى فى الطرف (مثل ال **Empirical**)



٩ ـ نرسم تسليح ثانى **Block** بحيث يمتد مسافه **d** من الخط ال **dotted**



١٠ ـ نرسم تسليح ال**Block** الثالث بحيث يمتد مسافه **d** من الخط ال **dotted**



١١- نبدأ بتقسيم ال M_R العلوى الى ٣ بلوكات

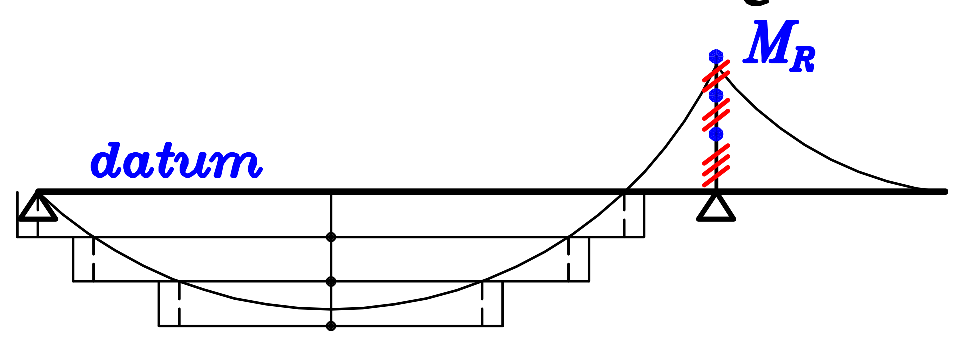
$7\phi16 \longrightarrow 3\phi16$ **Block** تقف مع أول

$2\phi16$ **Block** تقف مع ثانى

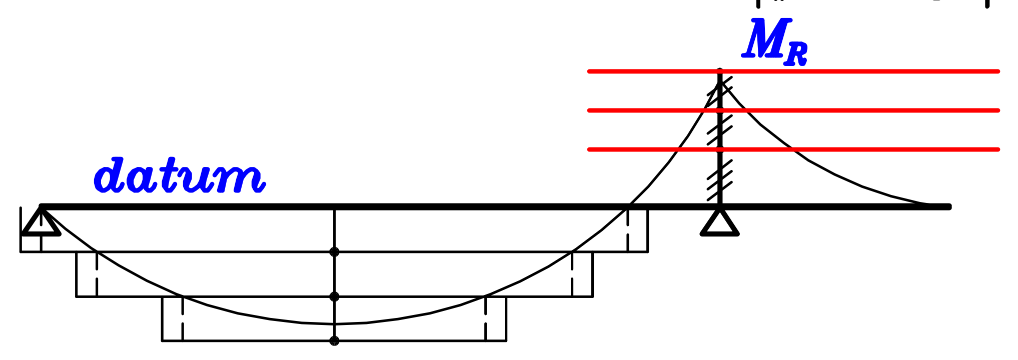
$2\phi16$ **Block** تقف مع ثالث

فيتم تقسيم طول ال M_R الموجود على الرسمه بنفس النسبه

مع مراعاه أن الاسياخ المكله تكون دائما ناحيه ال **datum**



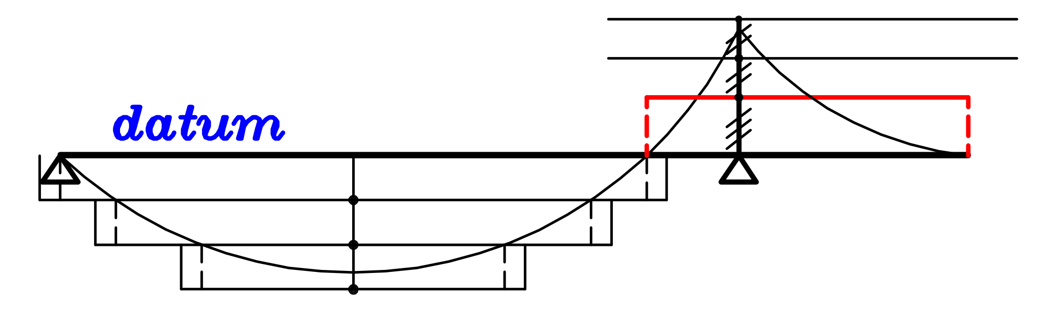
١٢- نرسم من نقط تقسيم ال M_R خطوط موازيه لل **datum**



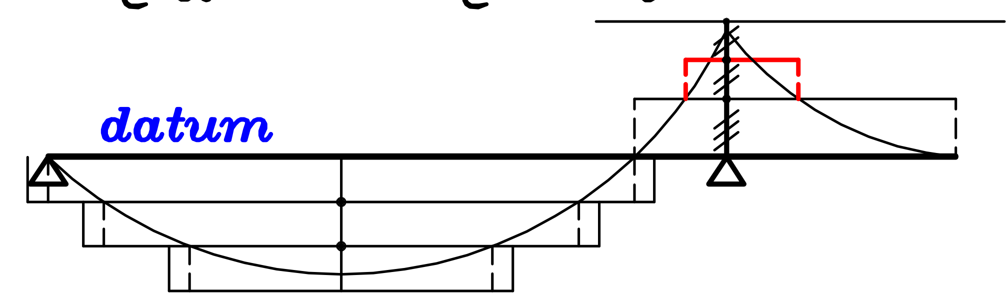
١٣- نعمل على رسم البلوكات بالترتيب الاتى

- نقفل ال **Block** الذى جهه ال **datum** أولا من عند نقط ال **zero moment**

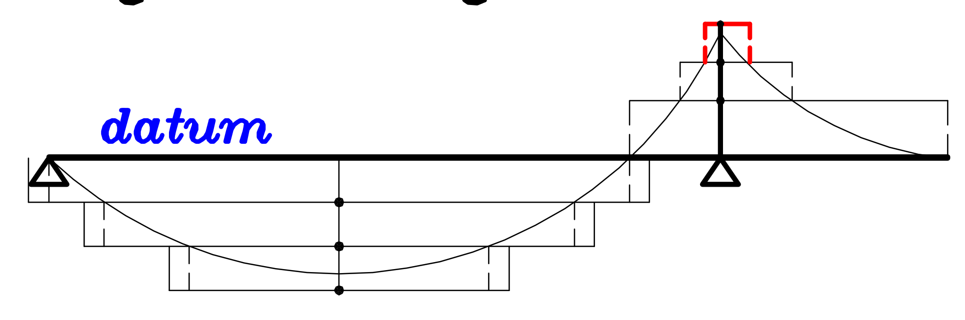
نرسم خطوط **dotted** عموديه على ال **datum**



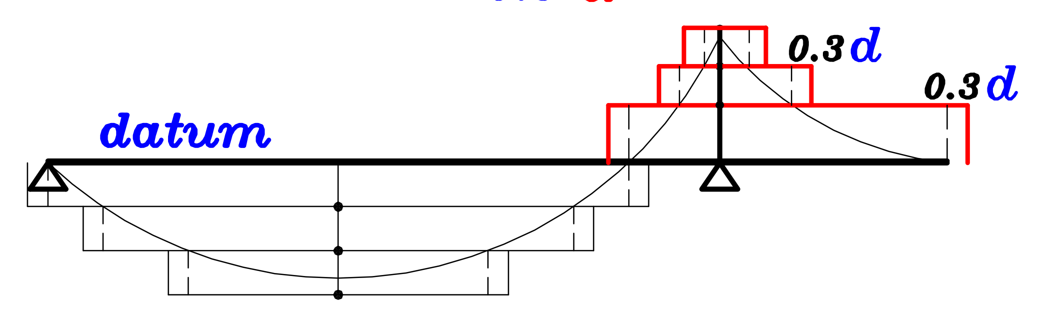
- نقفل ال **Block** الثانى من نقط تقاطع ال **Block** الاول مع ال **B.M.D.**



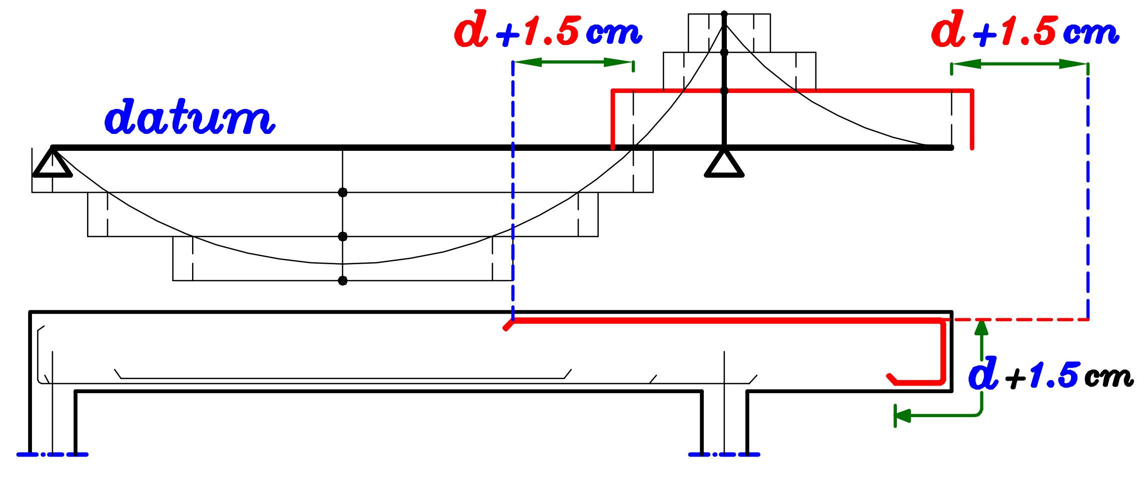
- نقفل الـ Block الثالث من نقط تقاطع الـ Block الثانى مع الـ B.M.D.



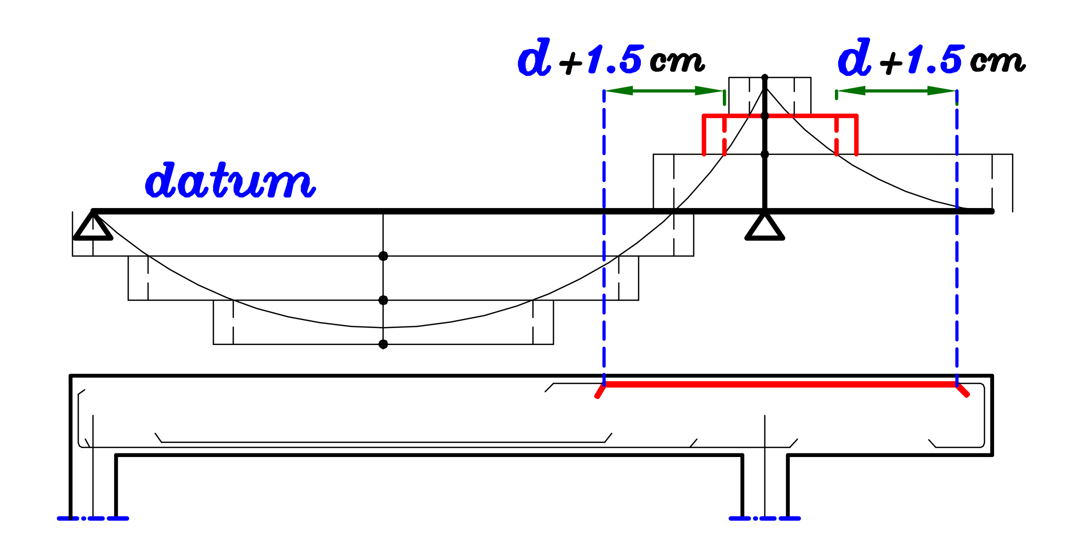
١٤- نرحل الخطوط الـ dotted الموجوده فى نهايه كل Block للخارج مسافه موازيه لـ datum تساوى 0.3 d بنفس scale الكمره .



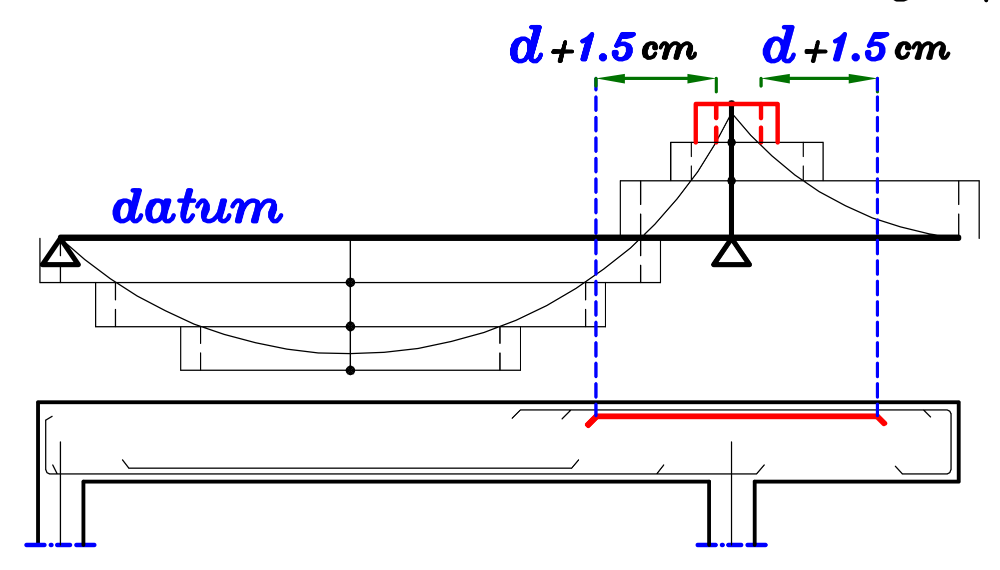
١٥- نرسم تسليح أول Block (الموجود بجوار الـ datum) الثانى بحيث يمتد مسافه d +1.5 cm من الخط الـ dotted



١٦- نرسم تسليح ثانى Block بحيث يمتد مسافه d +1.5 cm من الخط الـ dotted

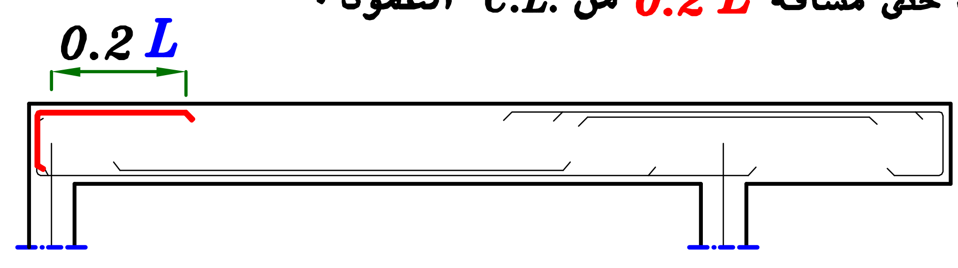


١٧- نرسم تسليح ثالث **Block** بحيث يمتد مسافه $d + 1.5\ cm$ من الخط ال **dotted**



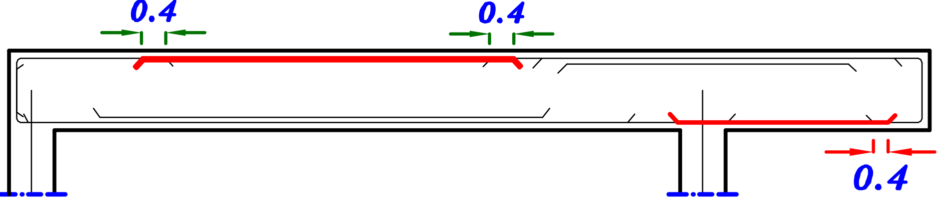
١٨- نرسم التسليح للعزم $\frac{wL^2}{24}$ (مثل ال **Empirical**)

و يمتد حتى مسافه $0.2\ L$ من $C.L.$ العمود .

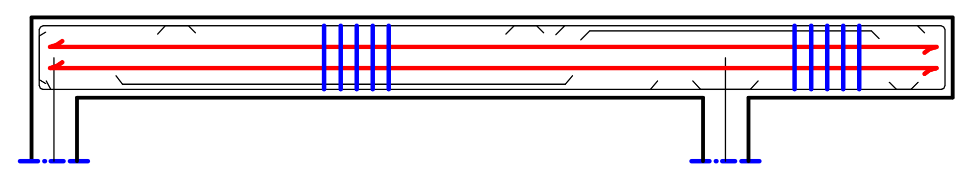


١٩- فى المنطقه الباقيه نمد تسليح **Hangers stirrup**

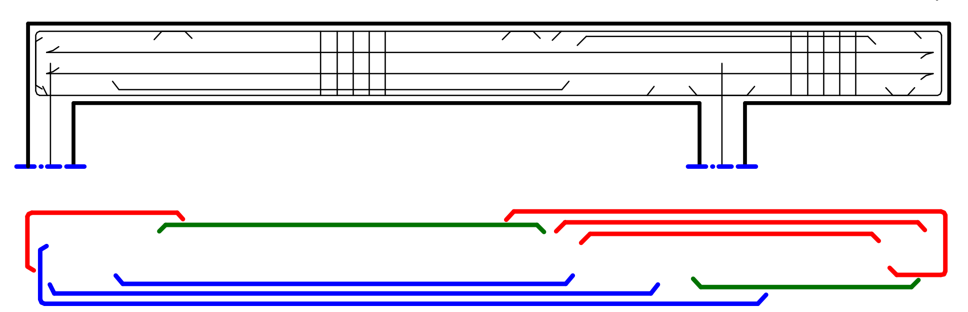
و يعمل تداخل مع التسليح الرئيسى مسافه $0.4\ m$

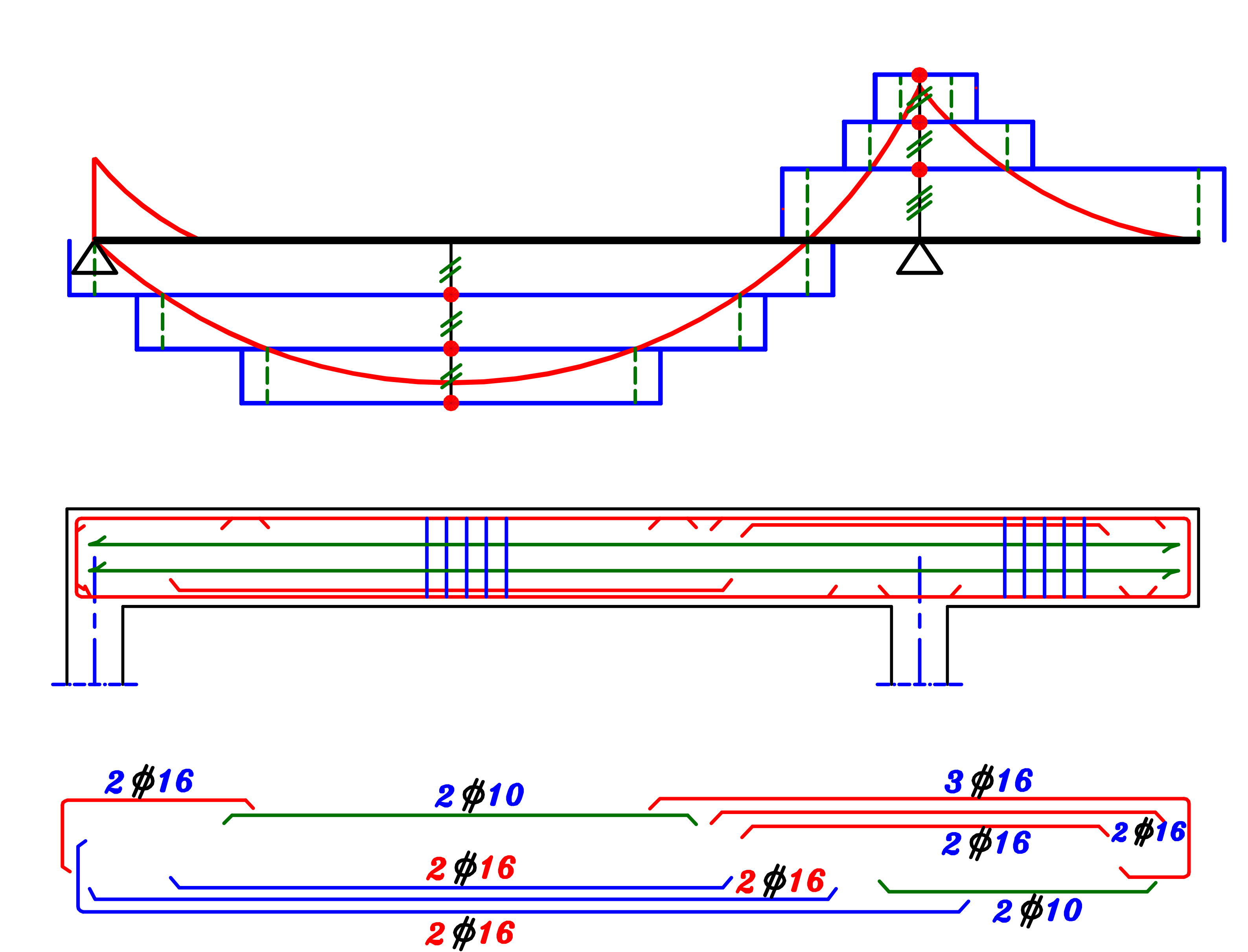


٢٠- نرسم الكانات و ال **shrinkage bars**

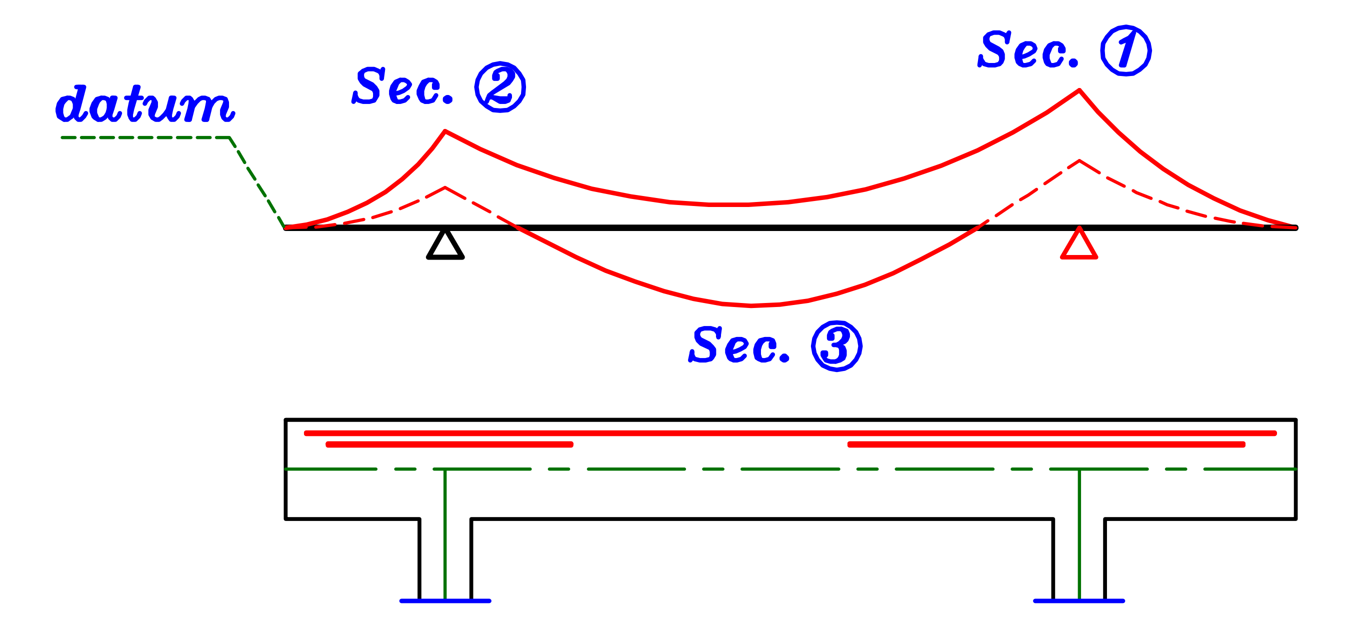


٢١- نرسم التفريد




2 ϕ16
2 ϕ10
3 ϕ16
2 ϕ16
2 ϕ16
2 ϕ16
2 ϕ16
2 ϕ10
2 ϕ16

Special Case.

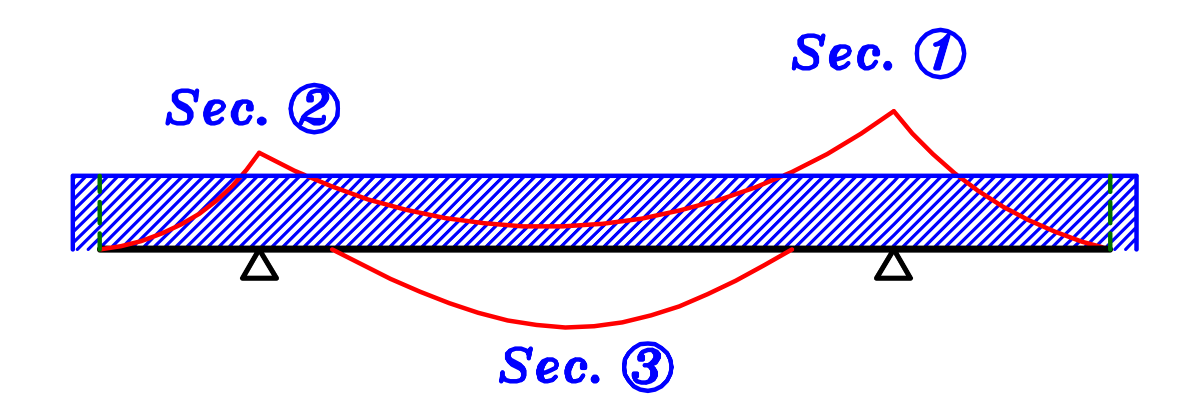


اذا وجدت حاله تحميل يوجد بها العزم كله معلق اعلى ال **datum**

يجب عند التصميم ان تكون القطاعات التى عليها العزم اعلى ال **datum**

أى **Sec. ② & Sec. ①** أن يكون لهم نفس قطر السيخ ϕ

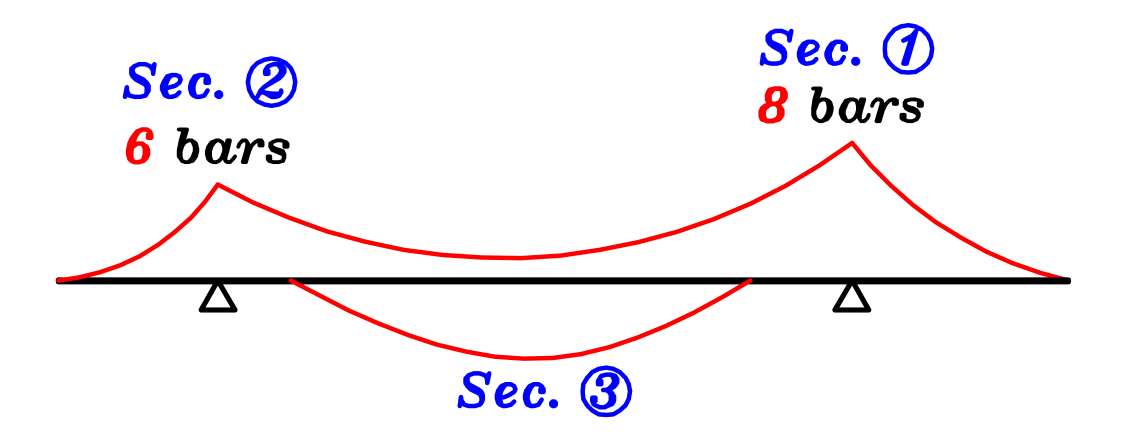
لانه سيكون بينهم أسياخ مشتركه و بالتالى سيكون بينهم بلوك مشترك .



يجب عند تقسيم البلوكات العلويه ان نقسم اول بلوك **(البلوك المشترك)**

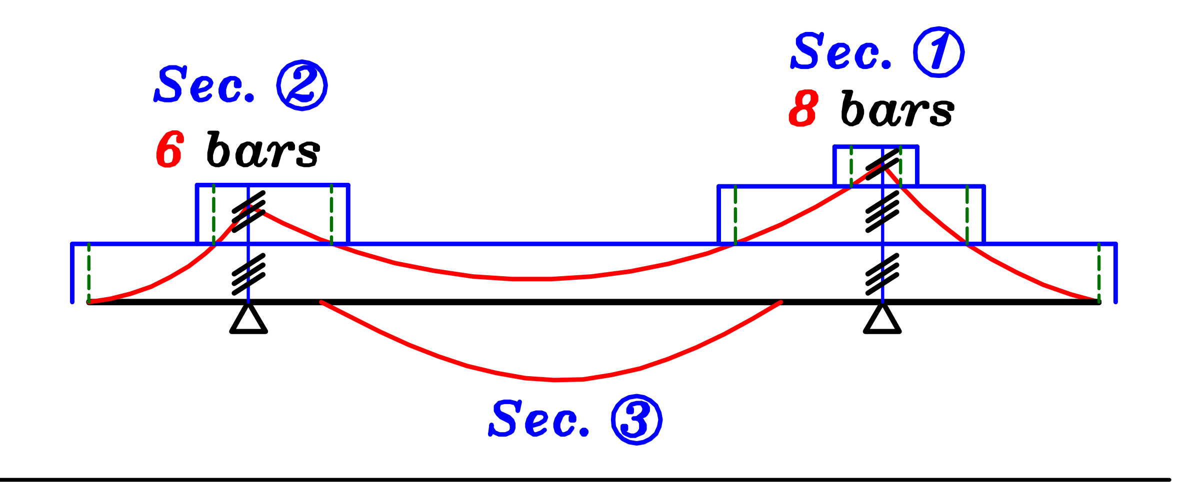
بحيث لا تقل مساحه أسياخه عن $\frac{١}{٣}$ مساحه التسليح الاكبر من **Sec. ② & Sec. ①**

و يتم تقسيم باقى البلوكات على هذا الاساس .

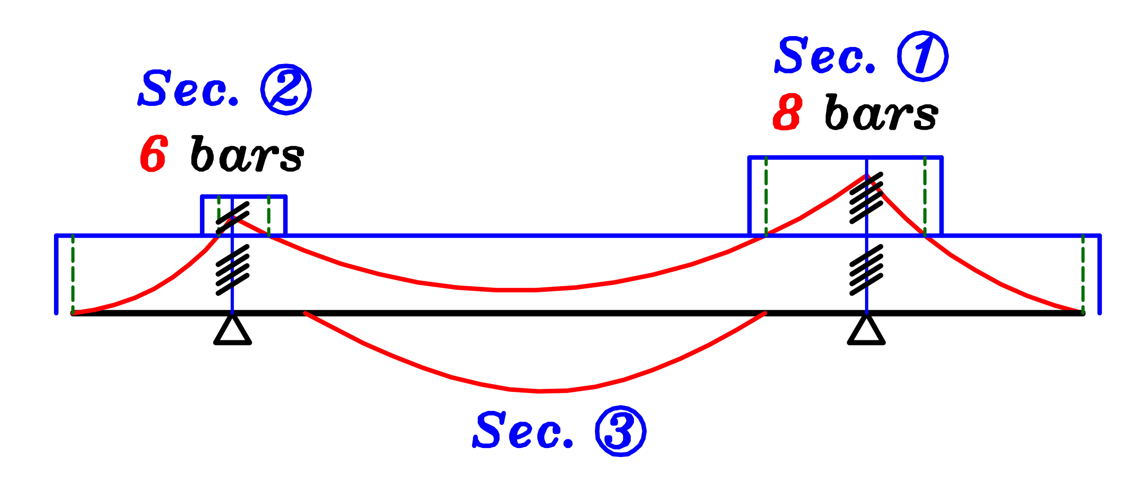


فمثلا اذا كان تسليح Sec. ① هو ٨ أسياخ و تسليح Sec. ② هو ٦ أسياخ
فيجب عند تقسيم أول بلوك علوى ان لا يقل عدد اسياخه عن $\frac{١}{٣}$ مساحه التسليح الاكبر
أى لا يقل عن $\frac{٨}{٣}$ أى لا يقل عن ٣ أسياخ .

فمثلا اذا قسمنا تسليح Sec. ① الى ٣ و ٣ و ٢ اى انه سيكمل بلوك ٣ اسياخ
الى Sec. ② فسنضطر الى تقسيم التسليح لـ Sec. ② الى ٣ و ٣



و اذا قسمنا تسليح Sec. ① الى ٤ و ٤ اى انه سيكمل بلوك ٤ اسياخ
الى Sec. ② فسنضطر الى تقسيم التسليح لـ Sec. ② الى ٤ و ٢



Example. (Inclined Simple Beam)

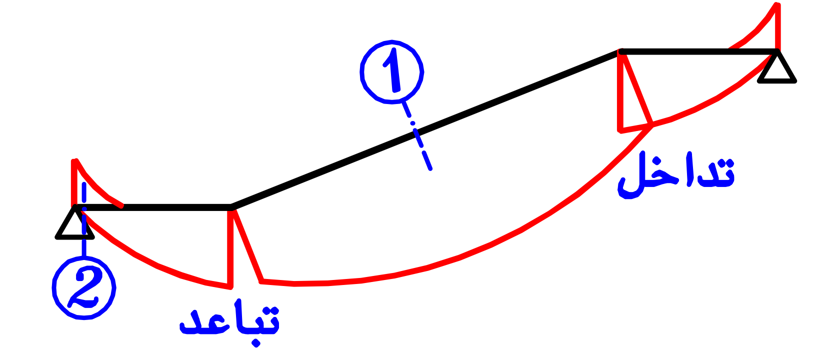


Sec ① $d = 800\ mm$

$A_s = 10 \phi 22$

$n = 4$

Sec ② $A_s = 5 \phi 16$

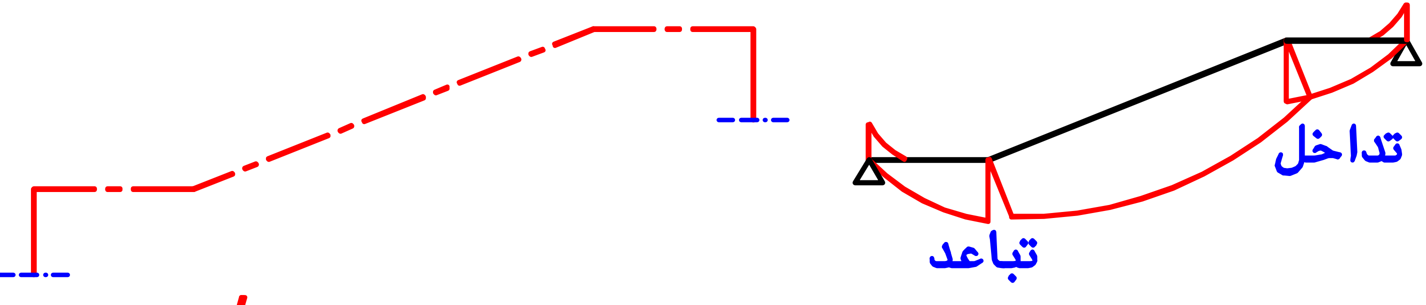


Req.

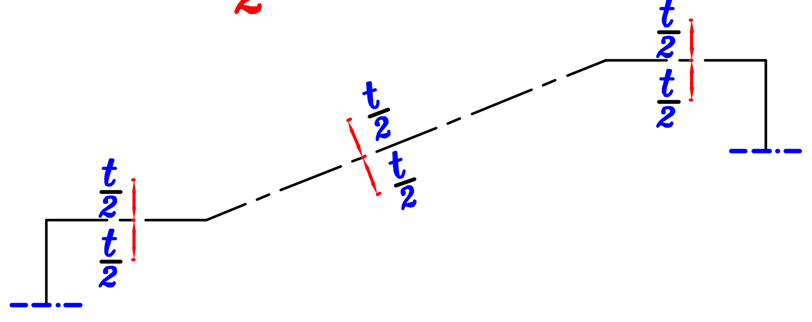
Draw the RFT. of the beam to scale 1:25 making a curtailment using moment of resistance. Using 3 Blocks.

خطوات الرسم .

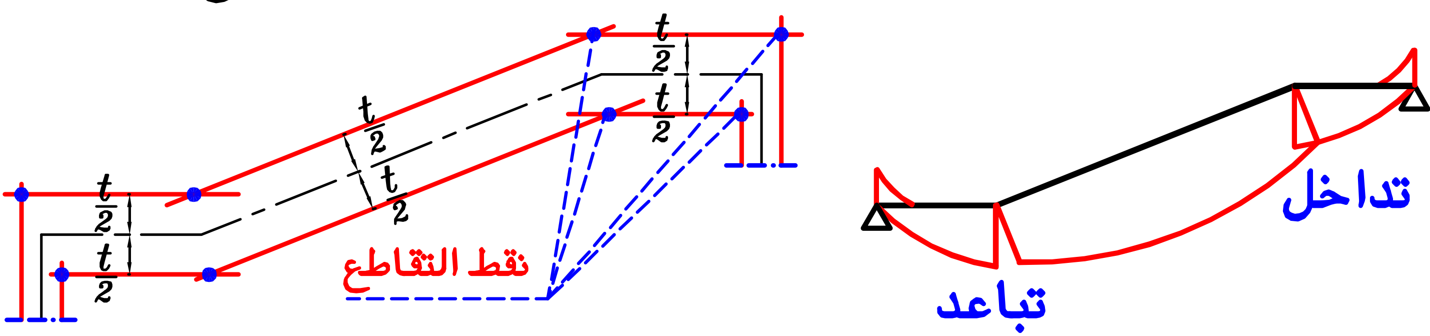
١ـ نرسم C.L. بمقياس الرسم المطلوب



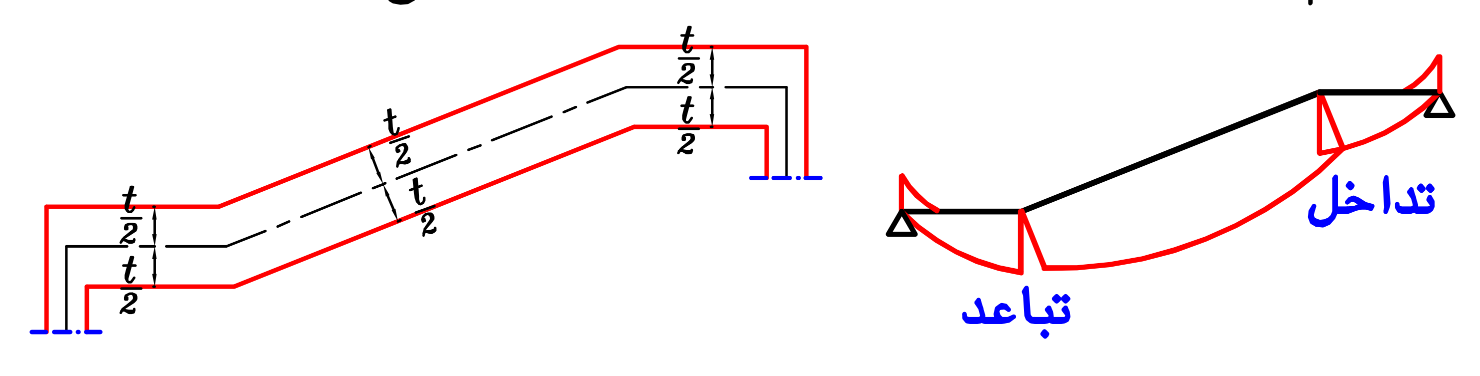
٢ـ نوقع التخانه للكمره عموديه دائما على الـ C.L. بقيمه $\frac{t}{2}$



٣ـ نوصل خطوط خفيفه موازيه للـ ***C.L.*** حتى نحدد نقط التقاطع



٤ـ نرسم الخطوط مره اخرى بخط ثقيل لكن حتى نقط التقاطع فقط.



٥ـ نرسم ال ***datum*** موازى لـ ***C.L.*** الكمره

٦ـ نرسم ال ***B.M.D. to scale*** على كل جزء منفردا

$$M_R = \frac{A_{s\,(Chosen)}}{A_{s\,(Required)}} * M_{act.}$$

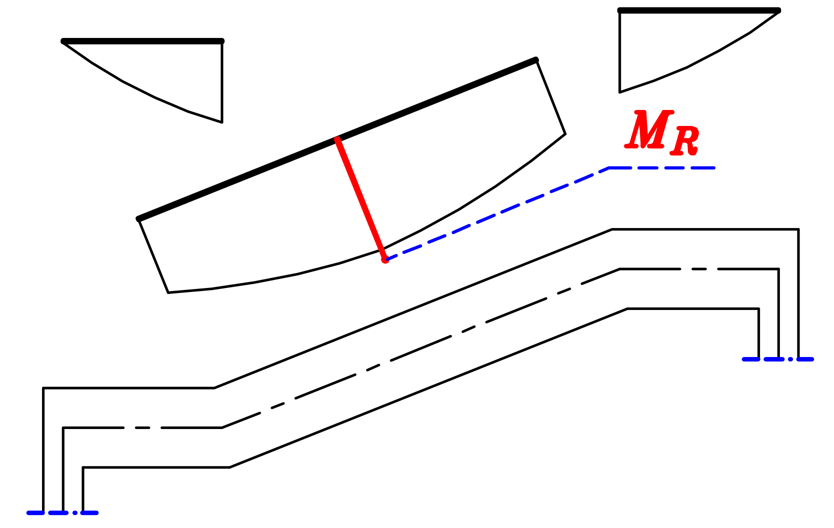
٧- نحدد قيمه M_R للقطاع

و نوقع قيمه M_R على رسمه B.M.D.

بنفس الـ scale الرأسى

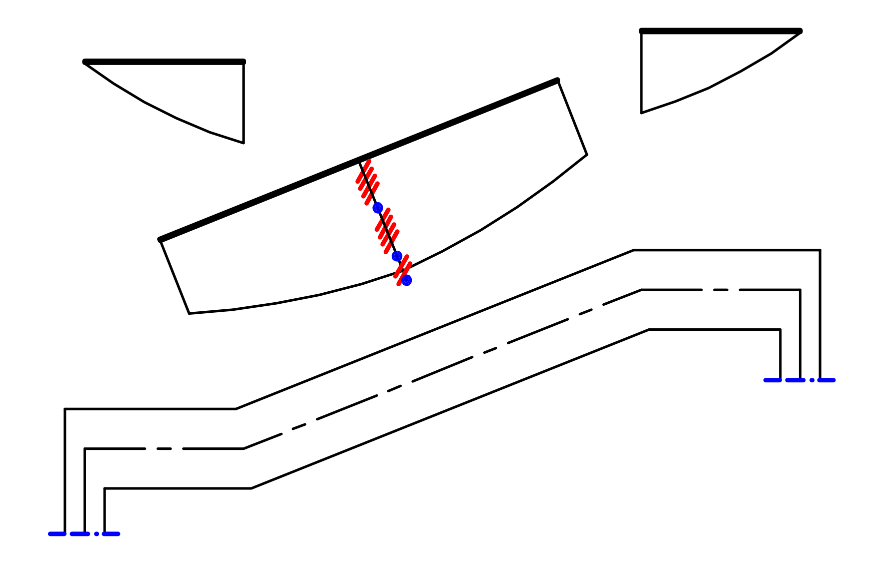
و يكون مكان الـ M_R

عند أكبر moment



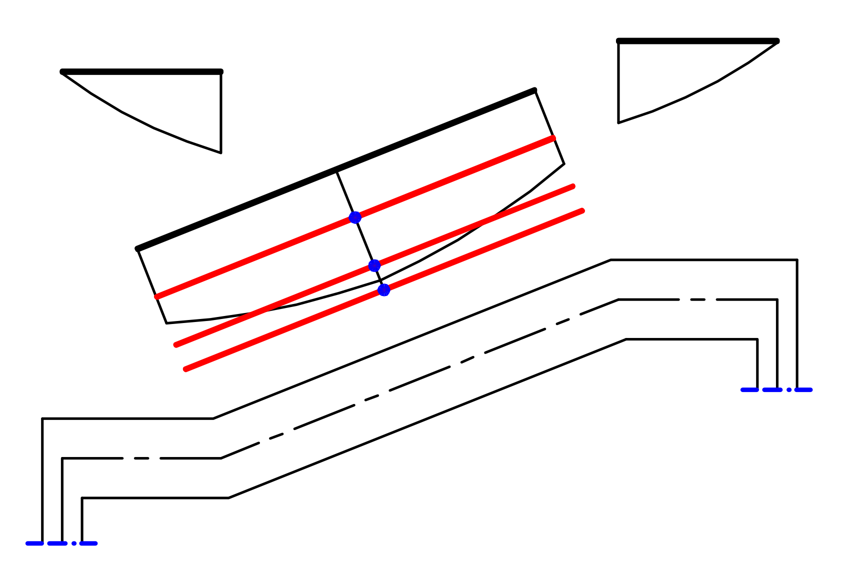
٨- نعمل على تقسيم M_R

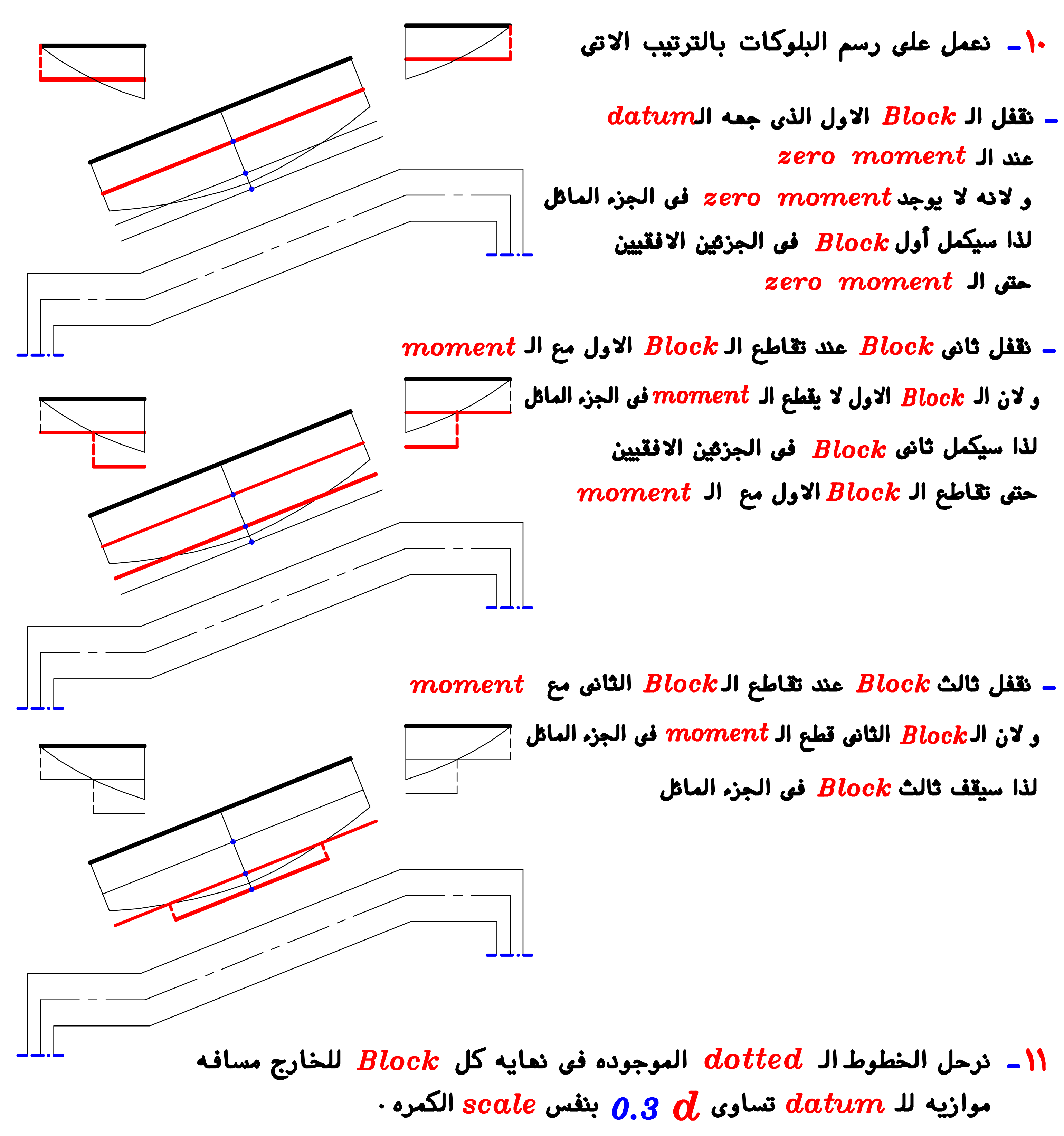
مثلا بنسبه 4:4:2



٩- نرسم من نقط تقسيم الـ M_R

خطوط موازيه للـ datum





١٠ـ نعمل على رسم البلوكات بالترتيب الاتى

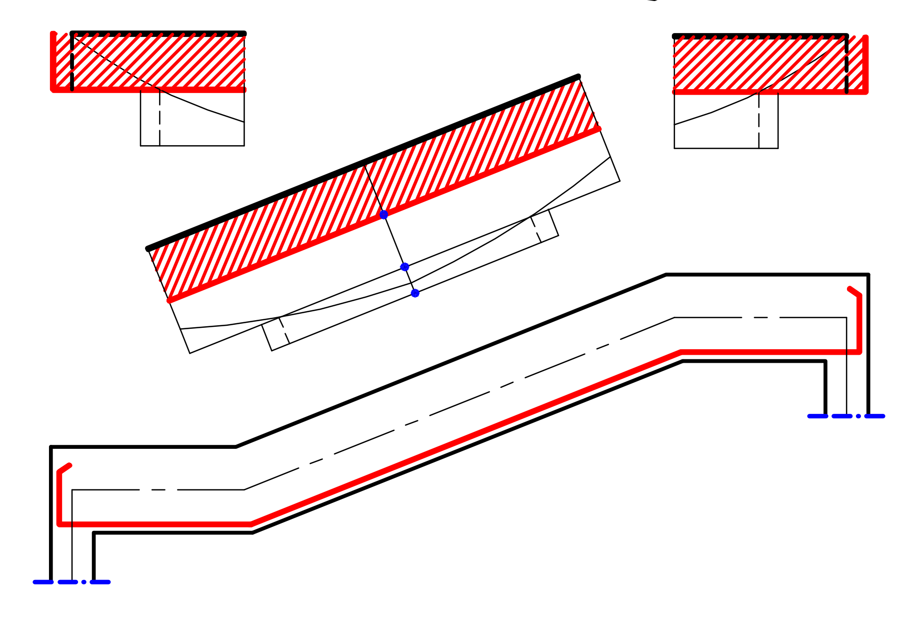
- نقفل ال Block الاول الذى جهه ال datum عند ال zero moment و لانه لا يوجد zero moment فى الجزء المائل لذا سيكمل أول Block فى الجزئين الافقيين حتى ال zero moment

- نقفل ثانى Block عند تقاطع ال Block الاول مع ال moment و لان ال Block الاول لا يقطع ال moment فى الجزء المائل لذا سيكمل ثانى Block فى الجزئين الافقيين حتى تقاطع ال Block الاول مع ال moment

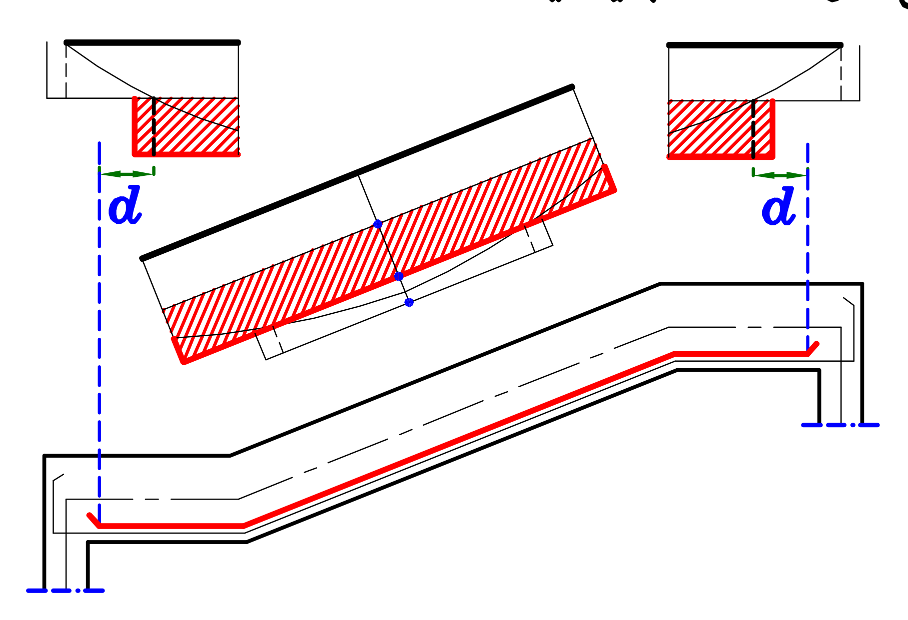
- نقفل ثالث Block عند تقاطع ال Block الثانى مع moment و لان ال Block الثانى قطع ال moment فى الجزء المائل لذا سيقف ثالث Block فى الجزء المائل

١١ـ نرحل الخطوط ال dotted الموجوده فى نهايه كل Block للخارج مسافه موازيه لل datum تساوى $0.3\ d$ بنفس scale الكمره .

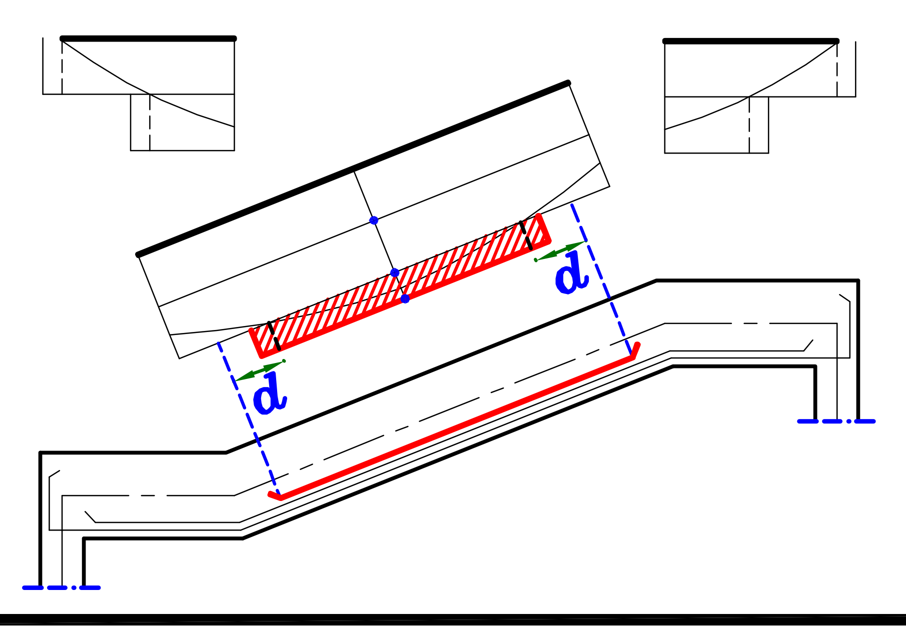
١٢ - نرسم تسليح أول **Block** (الموجود بجوار الـ **datum**) و يكمل من وش العمود الى وش العمود و يعمل ركبه مع العمود الذى فى الطرف (مثل الـ **Empirical**)



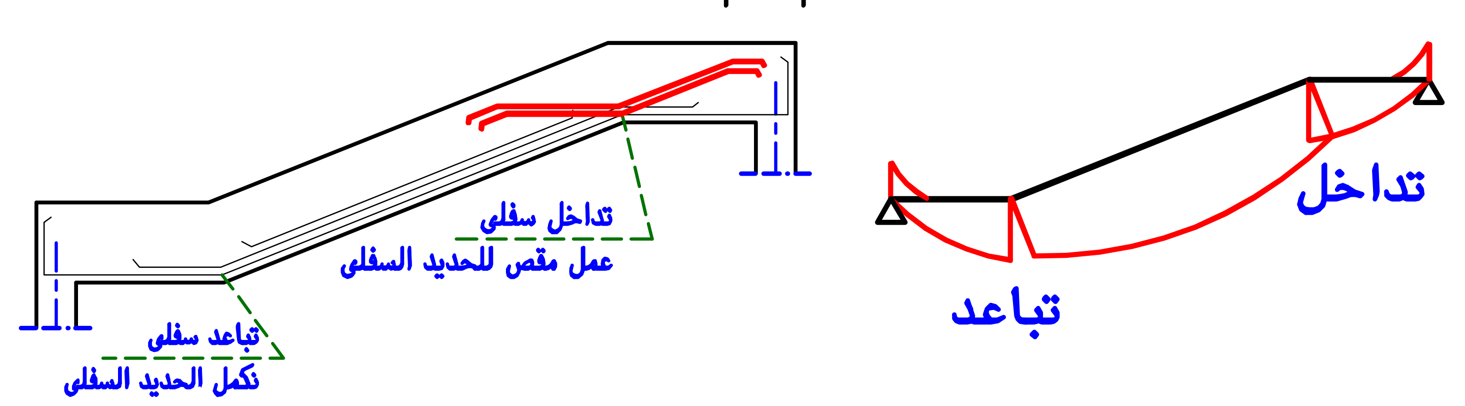
١٣ - نرسم تسليح ثانى **Block** بحيث يمتد مسافه **d** من الخط الـ **dotted**



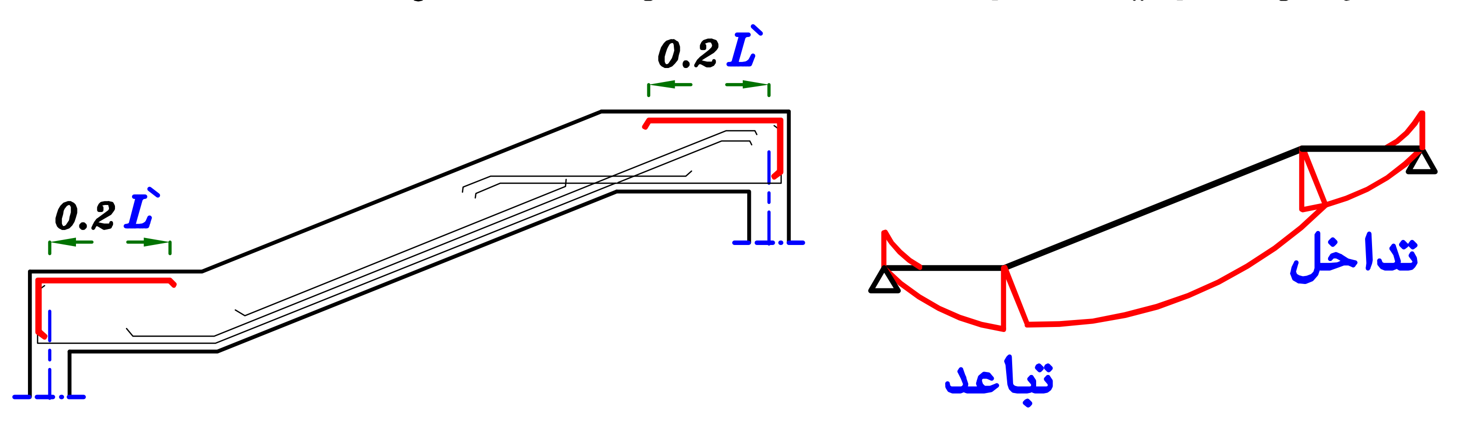
١٤ - نرسم تسليح ثالث **Block** بحيث يمتد مسافه **d** من الخط الـ **dotted**



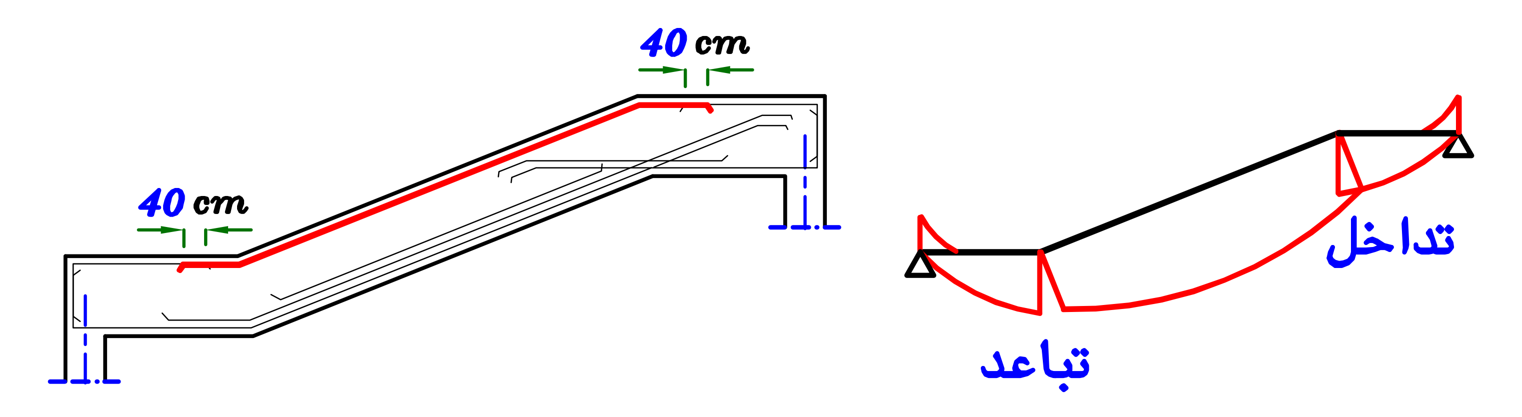
١٥- يتم النظر عند ال *joints* اذا وجد تباعد فى العزوم نكمل الحديد .
و اذا وجد تداخل فى العزوم يتم عمل مقص .



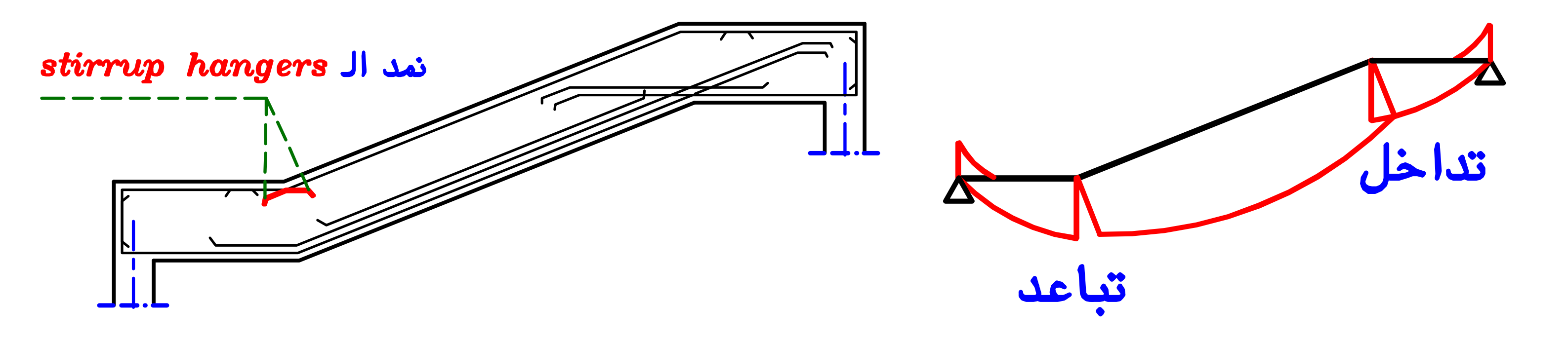
١٦- نرسم التسليح الرئيسى للعزم $\frac{wLL`}{24}$ يعمل ركبه لاسفل عند نهايه الكمره
و من أعلى يمتد حتى مسافه $0.2\,L`$ من $C.L.$ العمود .



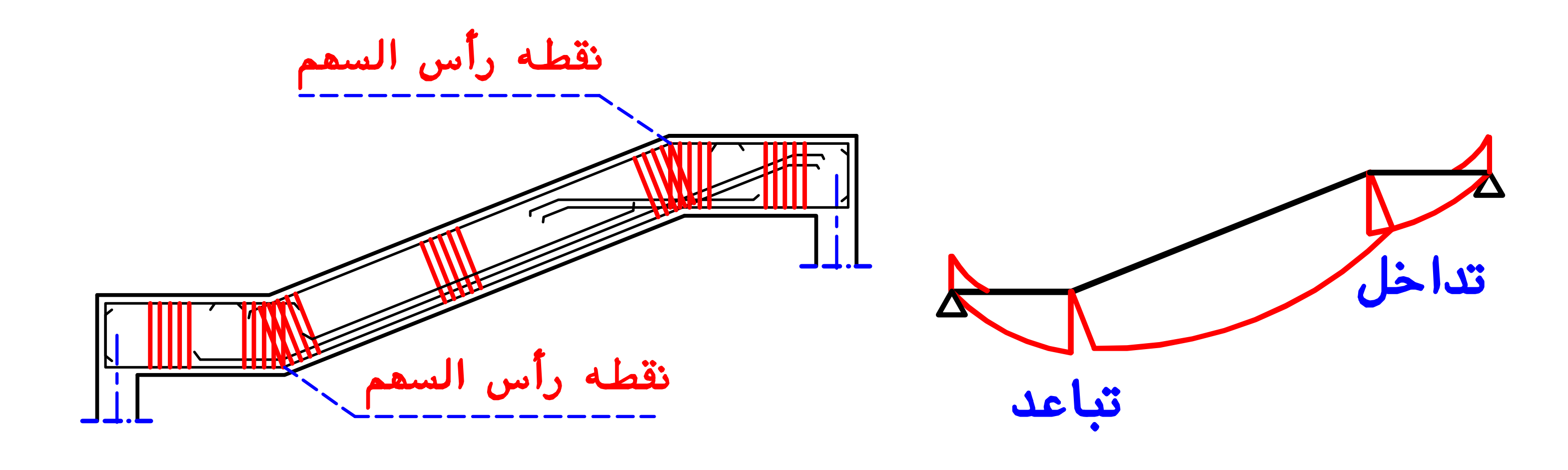
١٧- فى المنطقه الباقيه نمد تسليح *stirrup Hangers*
و يعمل تداخل مع التسليح الرئيسى مسافه $0.4\ m$ على الطول الافقى .



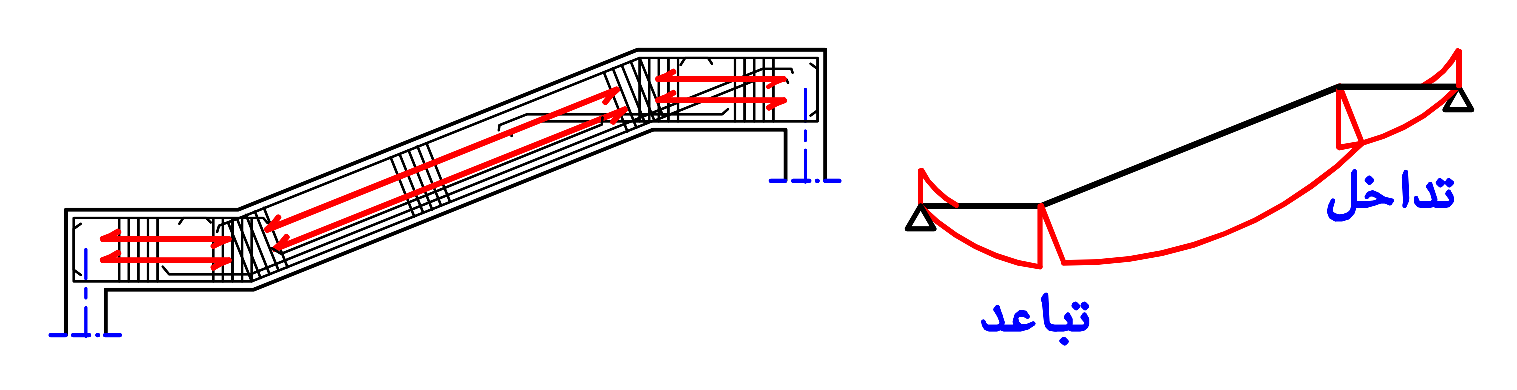
١٨- نمد تسليح ال *stirrup hangers* مسافه قليله حتى نعلق عليها الكانات

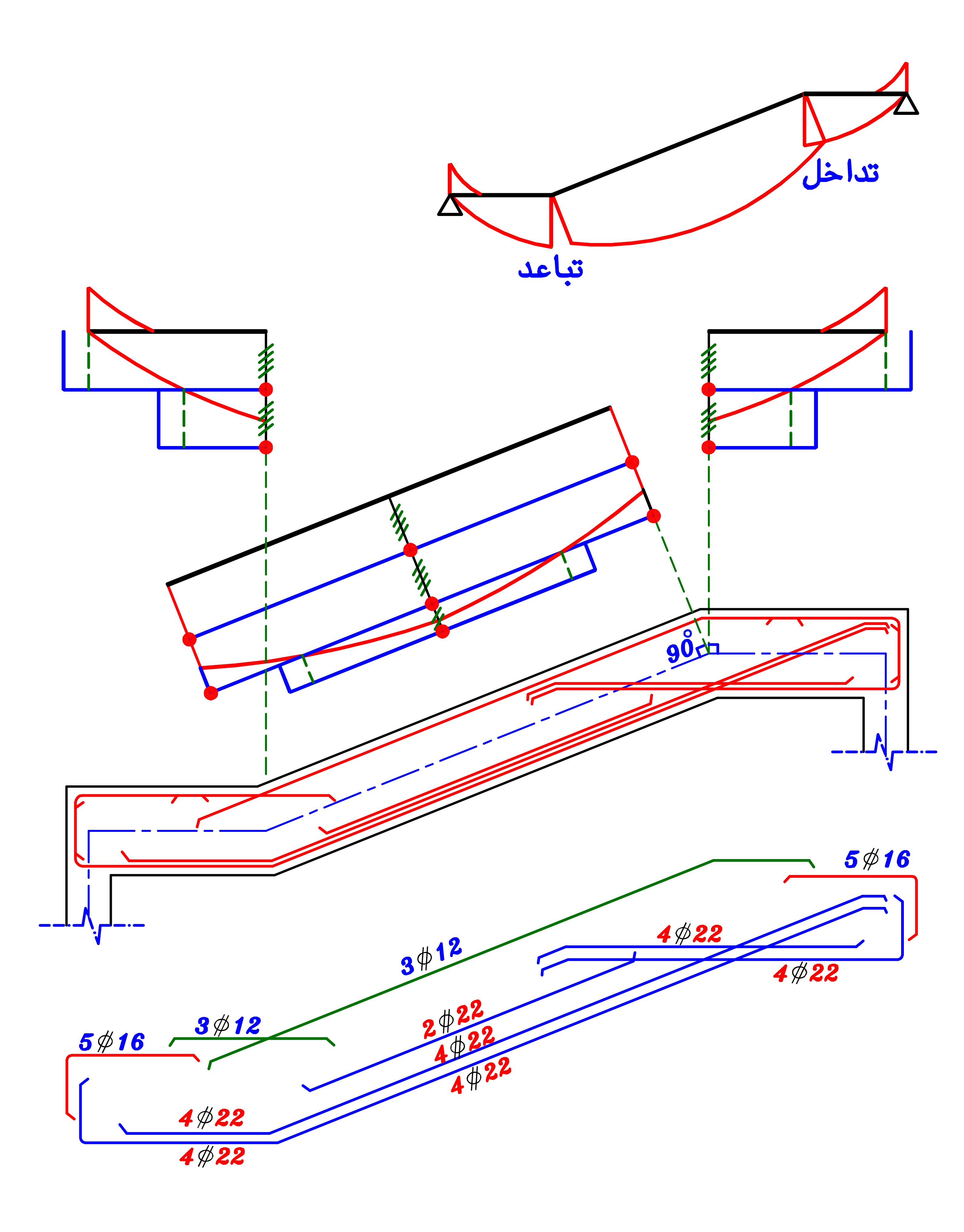


١٩- نرسم الكانات عموديه على ال *C.L* الكمره .
و عند التباعد نرسم الكانات من نقطه رأس السهم و عمودى على ال *C.L*



٢٠- اذا كان عمق الكمره أكبر من *700 mm* نضع *Shrinkage bars*
و تكون موازيه ل *C.L* الكمره .





تداخل
تباعد
90°
5 ϕ 16
4 ϕ 22
4 ϕ 22
3 ϕ 12
2 ϕ 22
4 ϕ 22
4 ϕ 22
5 ϕ 16
3 ϕ 12
4 ϕ 22
4 ϕ 22

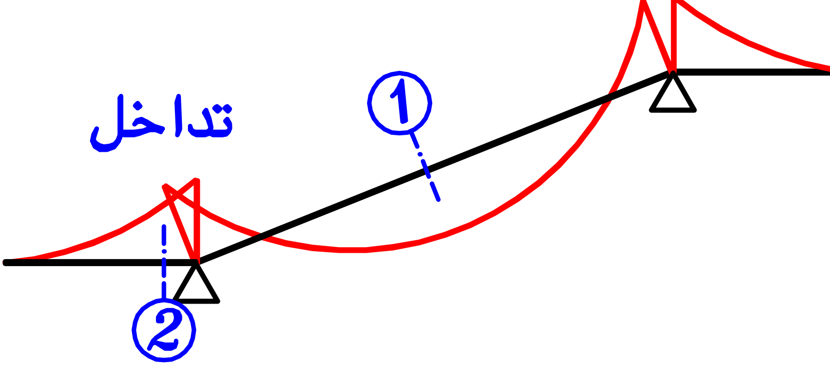
Example. (Inclined Beam with two Cantilever)

Sec ① $d = 800$ mm

$A_s = 8\ \phi 18$

Sec ② $A_s = 8\ \phi 18$

$n = 5$

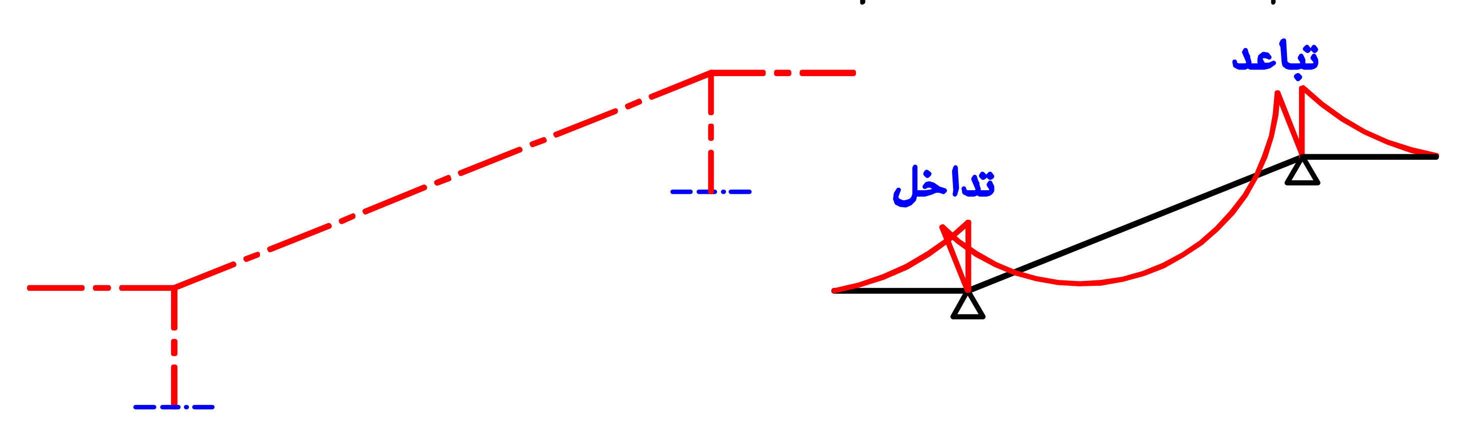


Req.

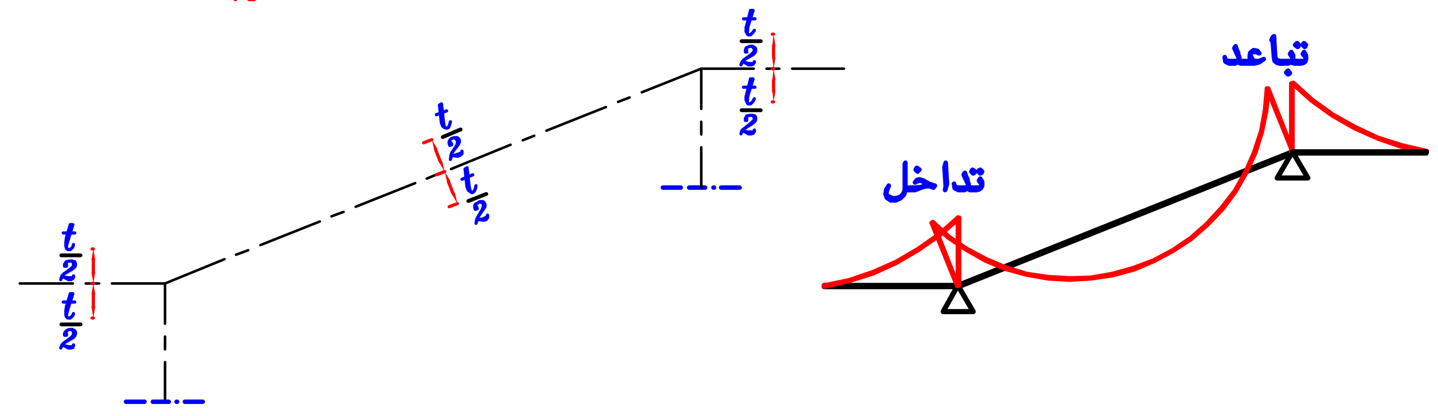
Draw the RFT. of the beam to scale 1:25 making a curtailment using moment of resistance. Using 2 Blocks.

خطوات الرسم .

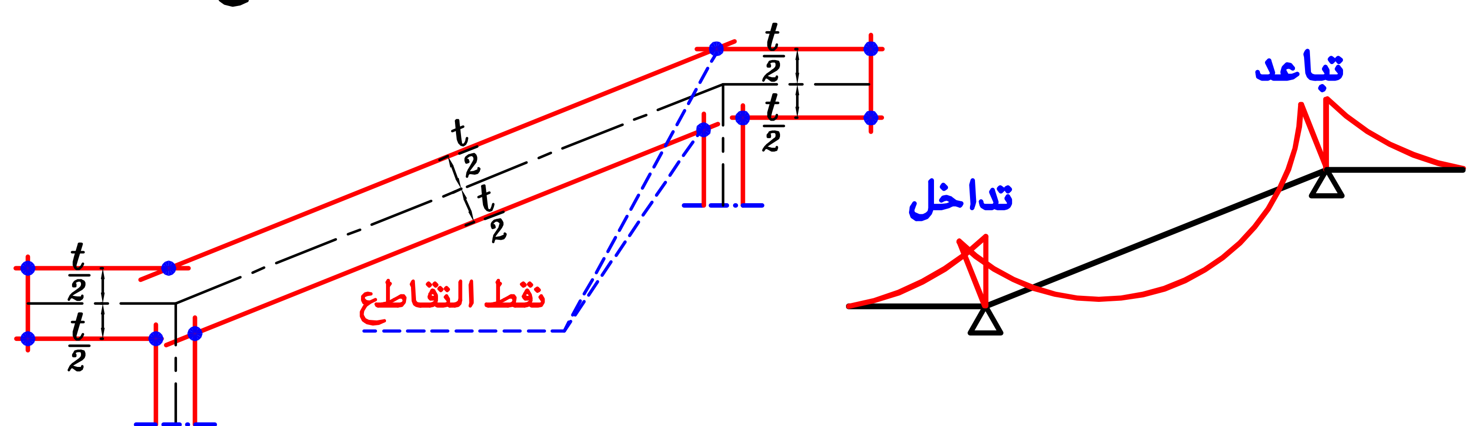
١- نرسم C.L. بمقياس الرسم المطلوب



٢- نوقع التخانه للكمره عموديه دائما على ال C.L. بقيمه $\frac{t}{2}$



٣ـ نوصل خطوط خفيفه موازيه للـ C.L. حتى نحدد نقط التقاطع



٤ـ نرسم الخطوط مره اخرى بخط ثقيل لكن حتى نقط التقاطع فقط.

٥ـ نرسم الـ datum موازى لـ C.L. الكمره

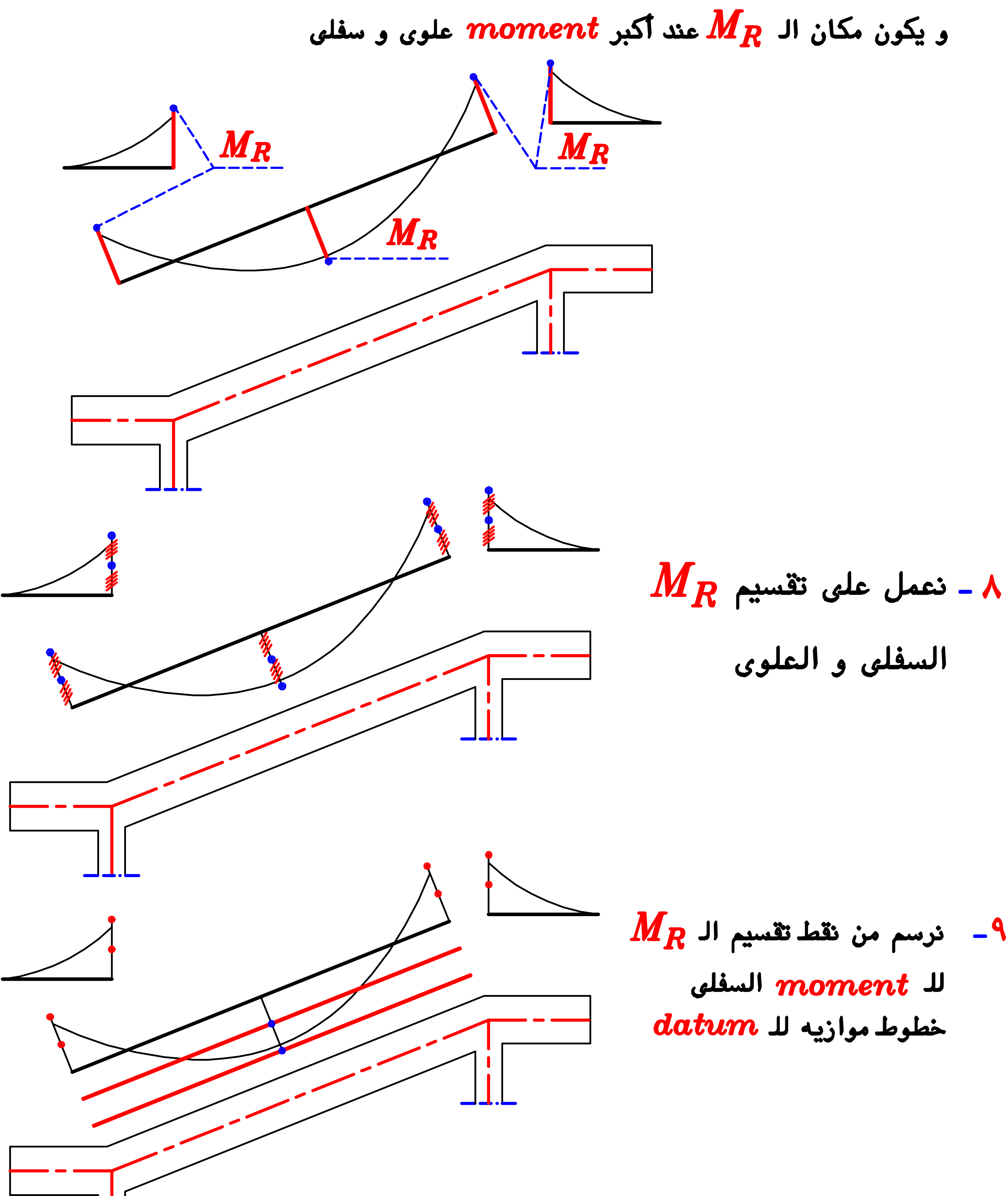
٦ـ نرسم الـ B.M.D. to scale على كل جزء منفردا

٧- نحدد قيمه M_R للقطاعان من المعادله

$$M_R = \frac{A_{s\,(Chosen)}}{A_{s\,(Required)}} * M_{act.}$$

و نوقع قيمتى M_R على رسمه B.M.D. بنفس ال scale الرأسى

و يكون مكان ال M_R عند أكبر moment علوى و سفلى



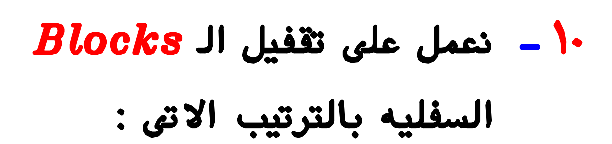
٨- نعمل على تقسيم M_R

السفلى و العلوى

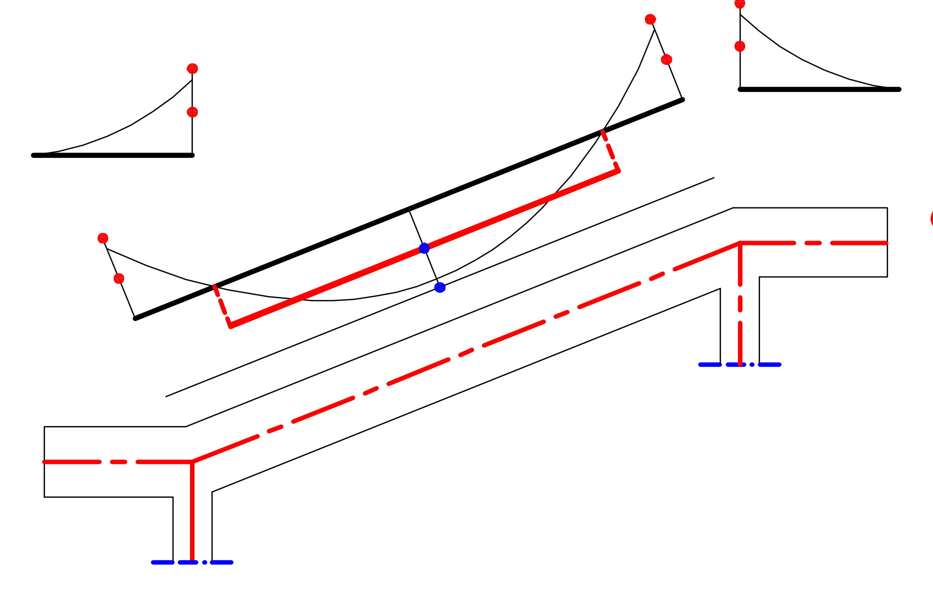
٩- نرسم من نقط تقسيم ال M_R

لل moment السفلى

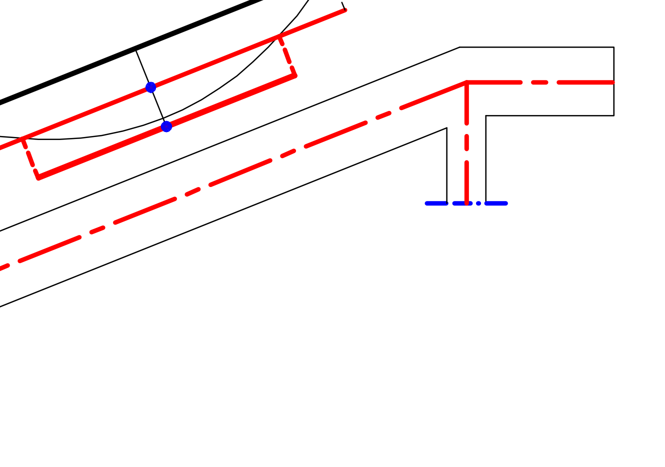
خطوط موازيه لل datum



١٠- نعمل على تقفيل ال **Blocks** السفليه بالترتيب الاتى :

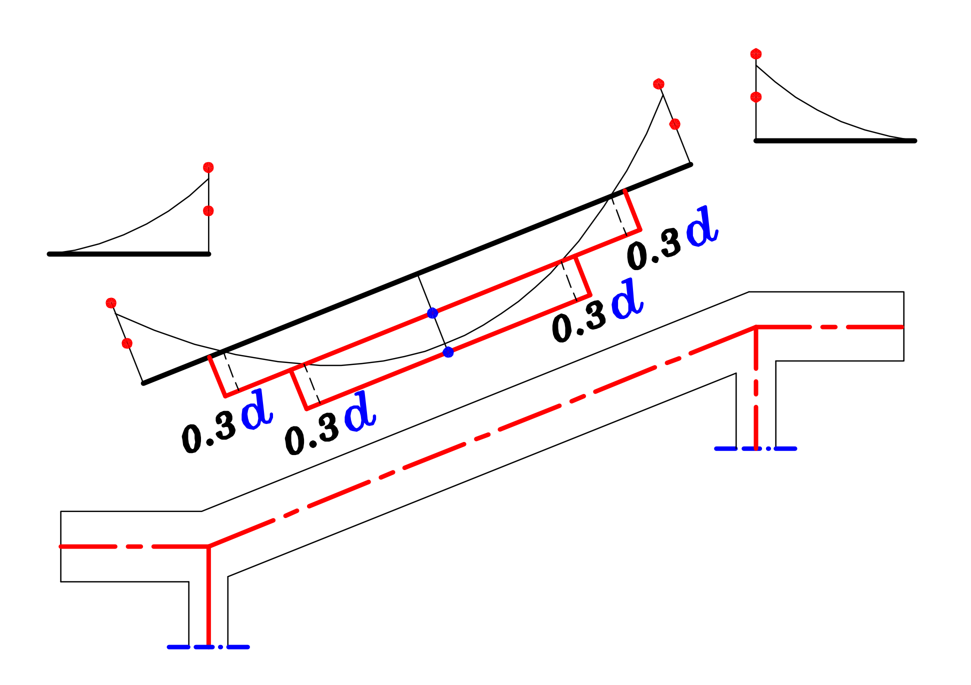


- تقفل أول **Block** جهه ال **datum** عند نقطه ال **zero moment**



- تقفل ثانى **Block** عند تقاطع ال **Block** الاول مع ال **moment**

- نرحل الخطوط ال **dotted** الموجوده فى نهايه كل **Block** للخارج مسافه موازيه لل **datum** تساوى **0.3 d** بنفس **scale** الكمره .



١١ـ نرسم من نقط تقسيم الـ M_R
للـ moment العلوى
خطوط موازيه للـ datum

١٢ـ نعمل على تقفيل الـ Blocks
السفليه بالترتيب الاتى :

ـ نقفل أول Block جهه الـ datum
عند نقطه الـ zero moment

ـ نقفل ثانى Block
عند تقاطع الـ Block الاول
مع الـ moment

ـ نرحل الخطوط الـ dotted الموجوده فى نهايه كل Block للخارج مسافه
موازيه للـ datum تساوى 0.3 d بنفس scale الكمره .

0.3 d

0.3 d

0.3 d

0.3 d

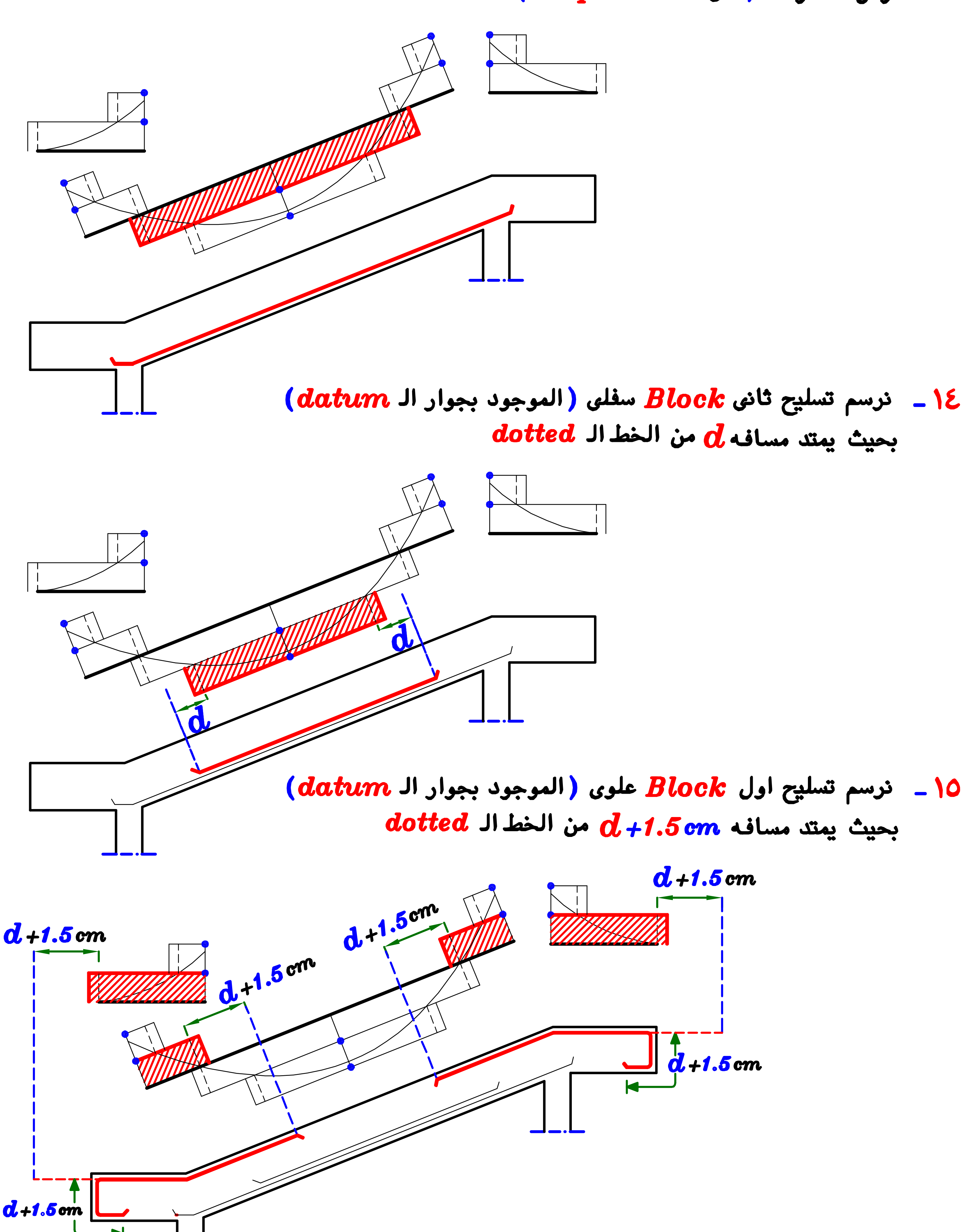
0.3 d

0.3 d

0.3 d

0.3 d

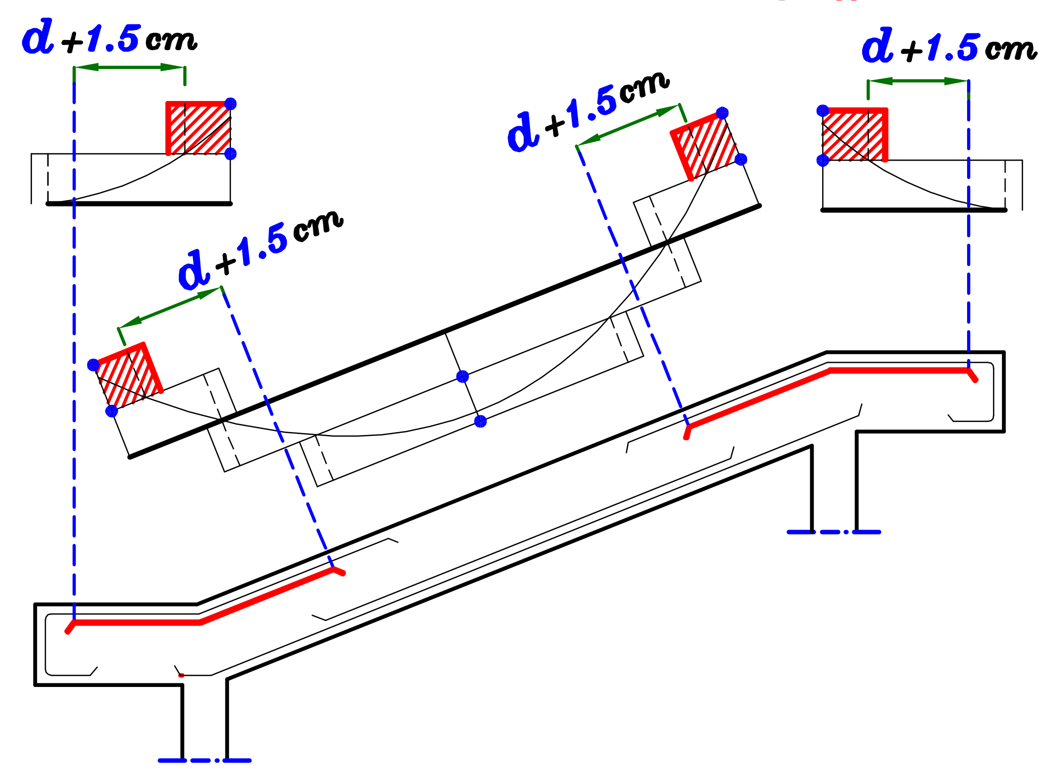
١٣ ـ نرسم تسليح أول ***Block*** سفلى (الموجود بجوار الـ ***datum***) و يكمل من وش العمود الى وش العمود . (مثل الـ ***Empirical***)



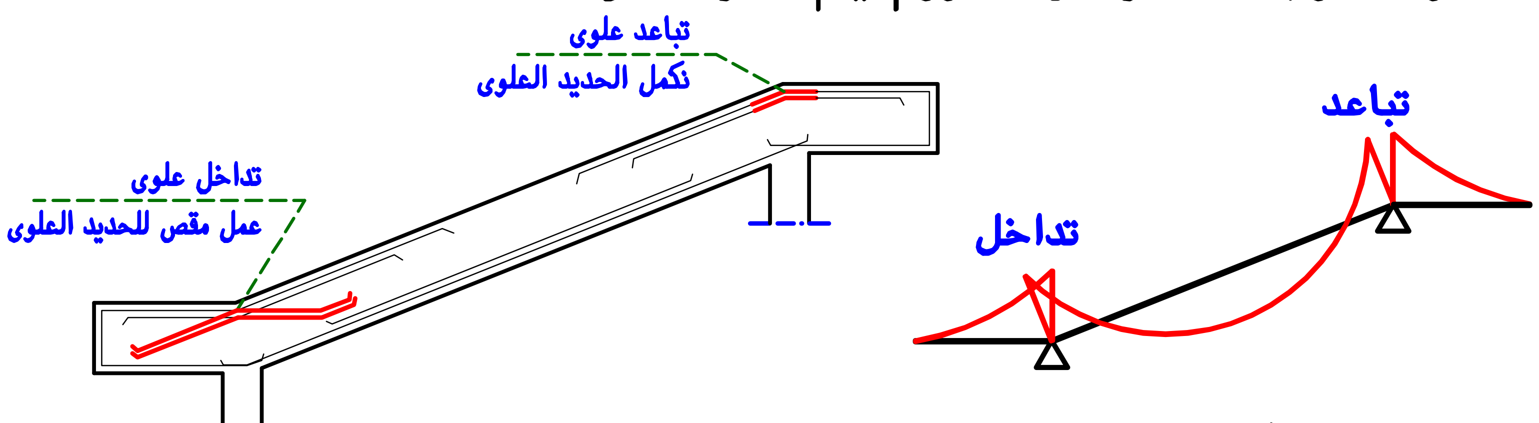
١٤ ـ نرسم تسليح ثانى ***Block*** سفلى (الموجود بجوار الـ ***datum***)
بحيث يمتد مسافه ***d*** من الخط الـ ***dotted***

١٥ ـ نرسم تسليح اول ***Block*** علوى (الموجود بجوار الـ ***datum***)
بحيث يمتد مسافه ***d +1.5 cm*** من الخط الـ ***dotted***

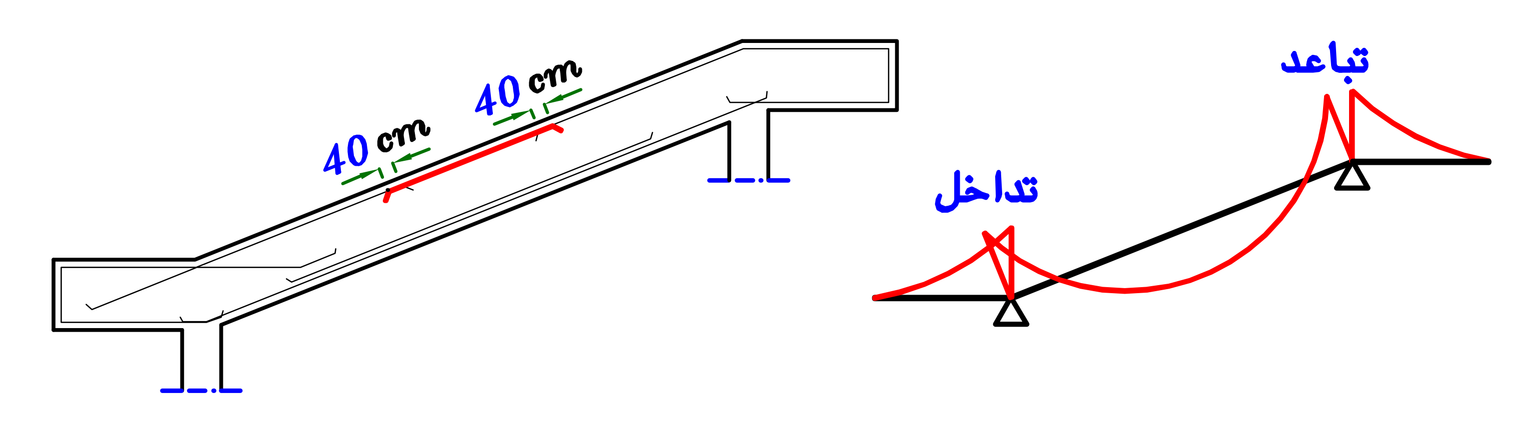
١٦ـ نرسم تسليح ثانى **Block**
بحيث يمتد مسافه **d +1.5 cm** من الخط ال **dotted**



١٧ـ يتم النظر عند ال **joints** اذا وجد تباعد فى العزوم نكمل الحديد .
و اذا وجد تداخل فى العزوم يتم عمل مقص .

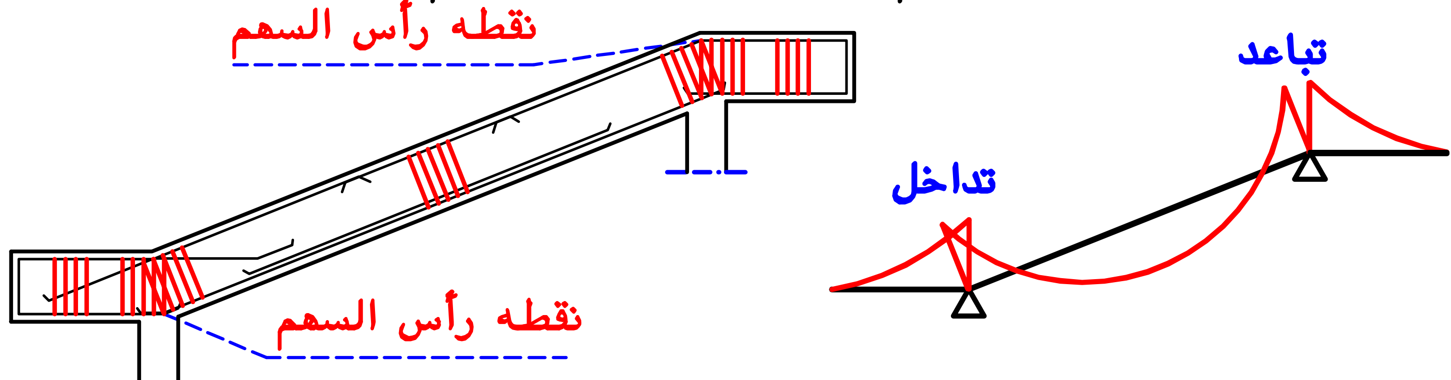


١٨ـ فى المنطقه الباقيه نمد تسليح **Hangers stirrup**
و يعمل تداخل مع التسليح الرئيسى مسافه **0.4 m** على الطول المائل .



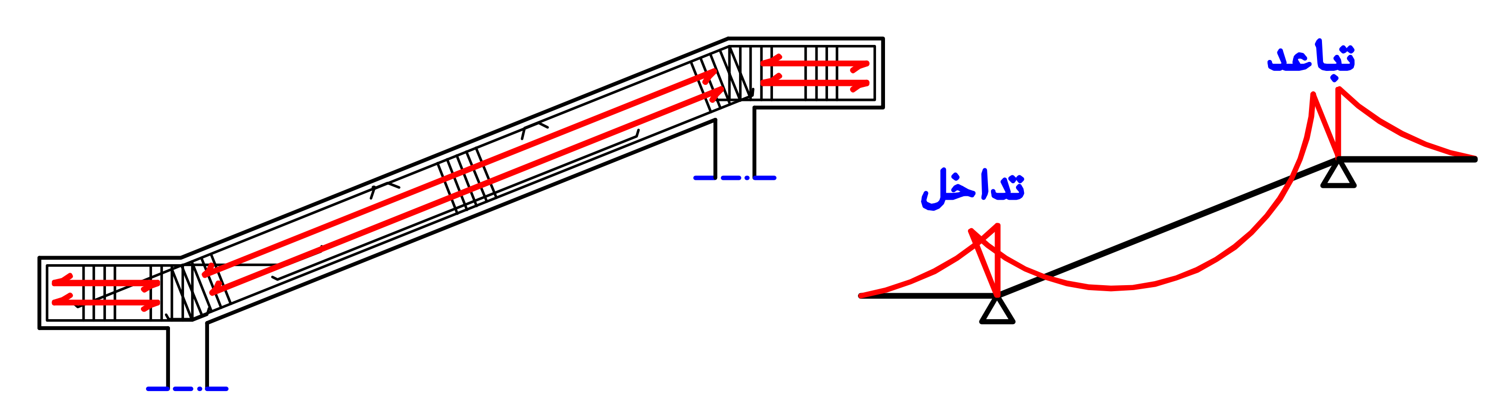
١٩ـ نرسم الكانات عموديه على ال *C.L* الكمره .

و عند التباعد او التداخل نرسم الكانات من نقطه رأس السهم و عمودى على ال *C.L*

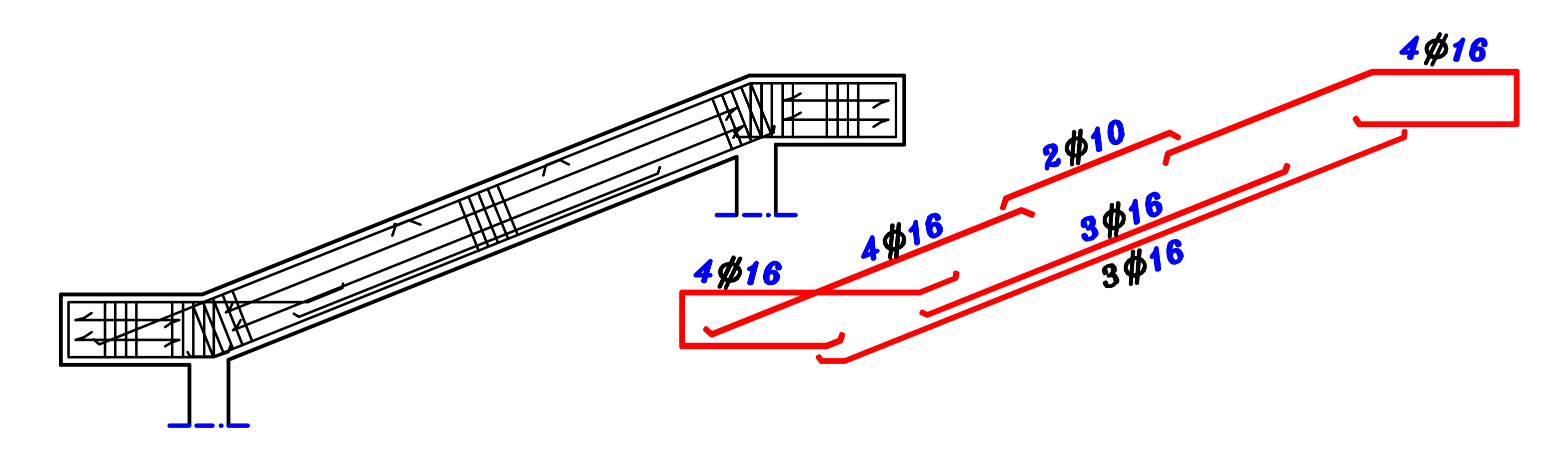


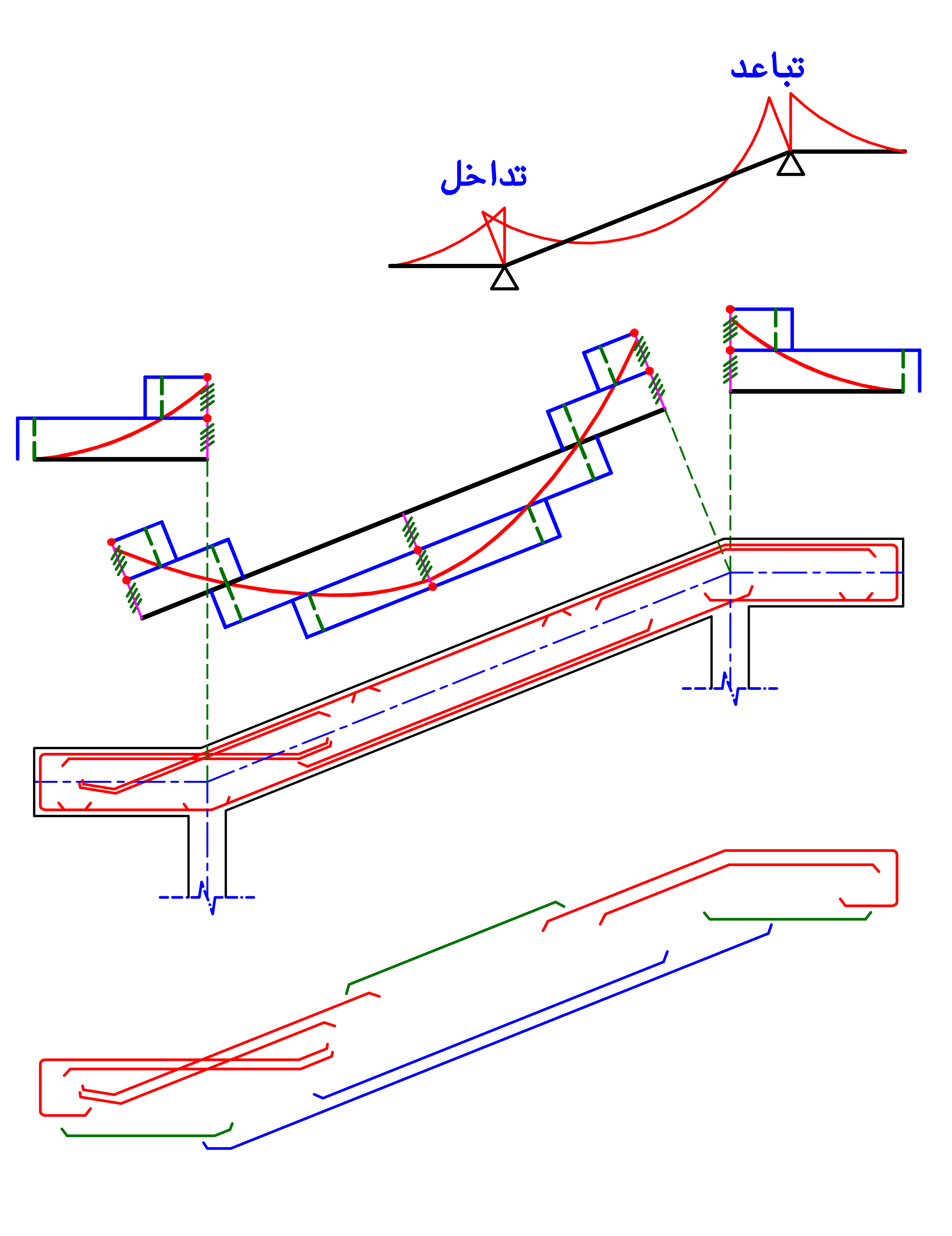
٢٠- اذا كان عمق الكمره أكبر من *700 mm* نضع *Shrinkage bars*

و تكون موازيه لـ *C.L* الكمره .



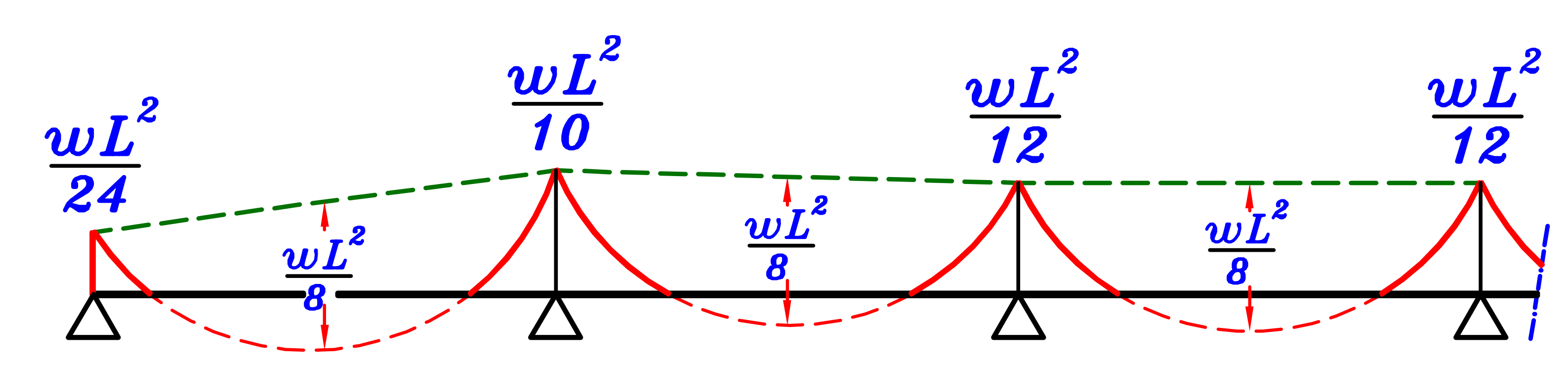
٢١ـ أسفل تسليح الكمره مباشره نرسم **التفريد** و يكون بنفس مقياس رسم الكمره



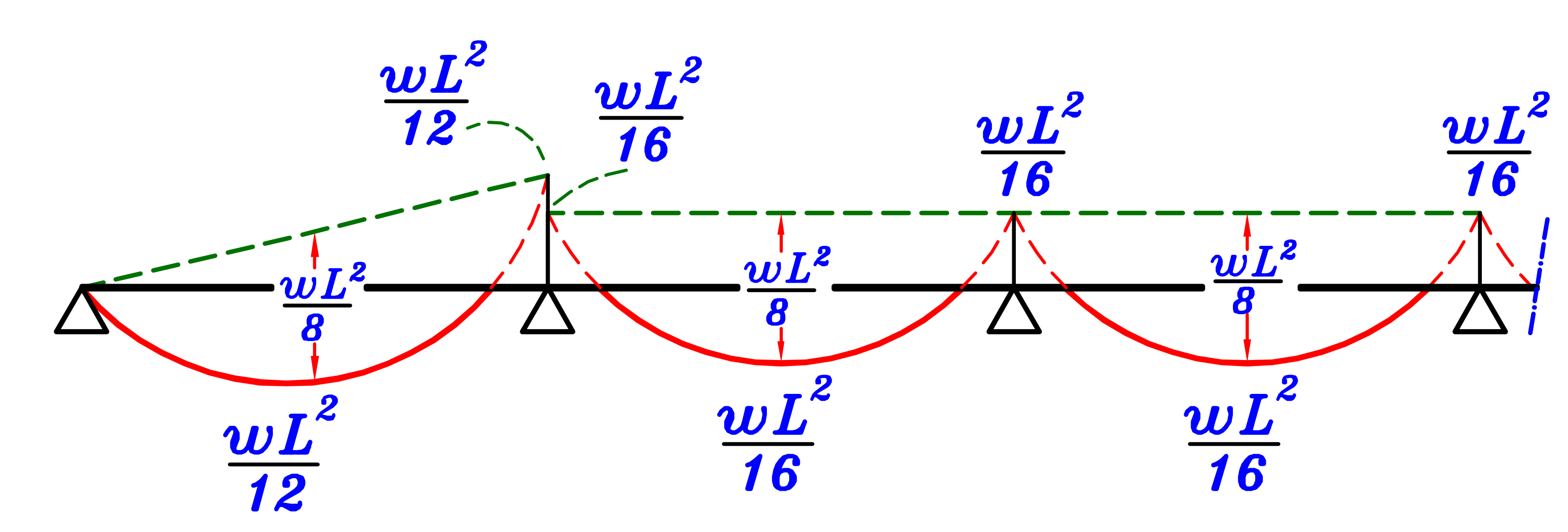

تباعد
تداخل

Continuous Beams.

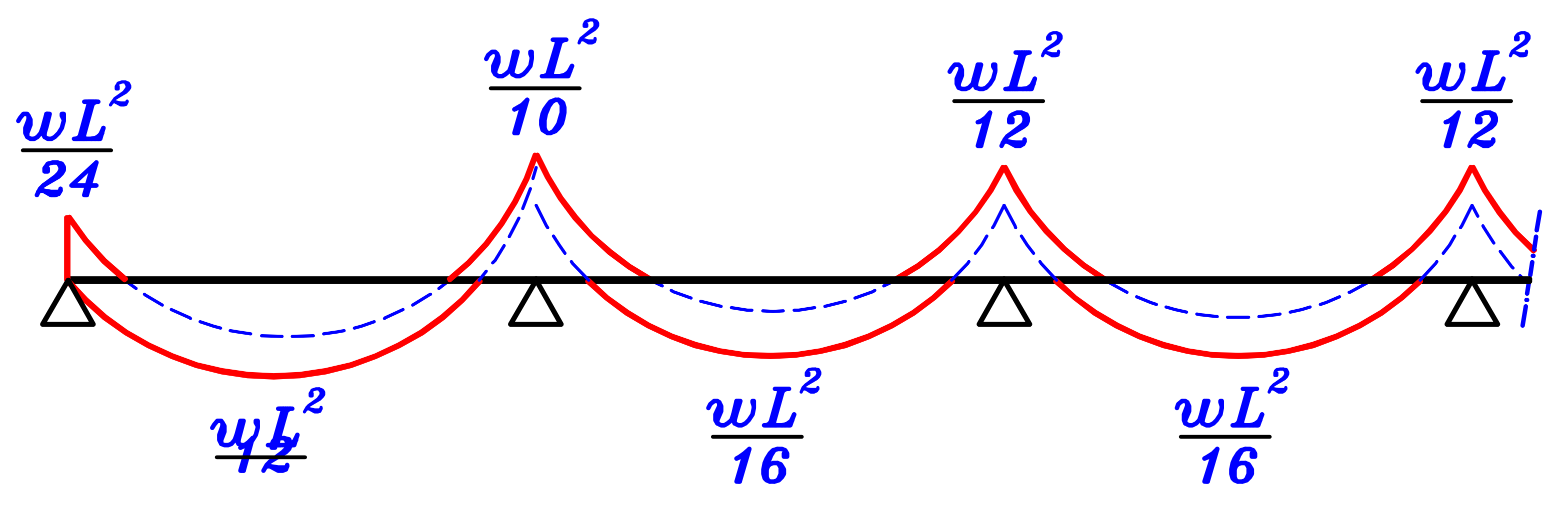
max.(−Ve) B.M.D.

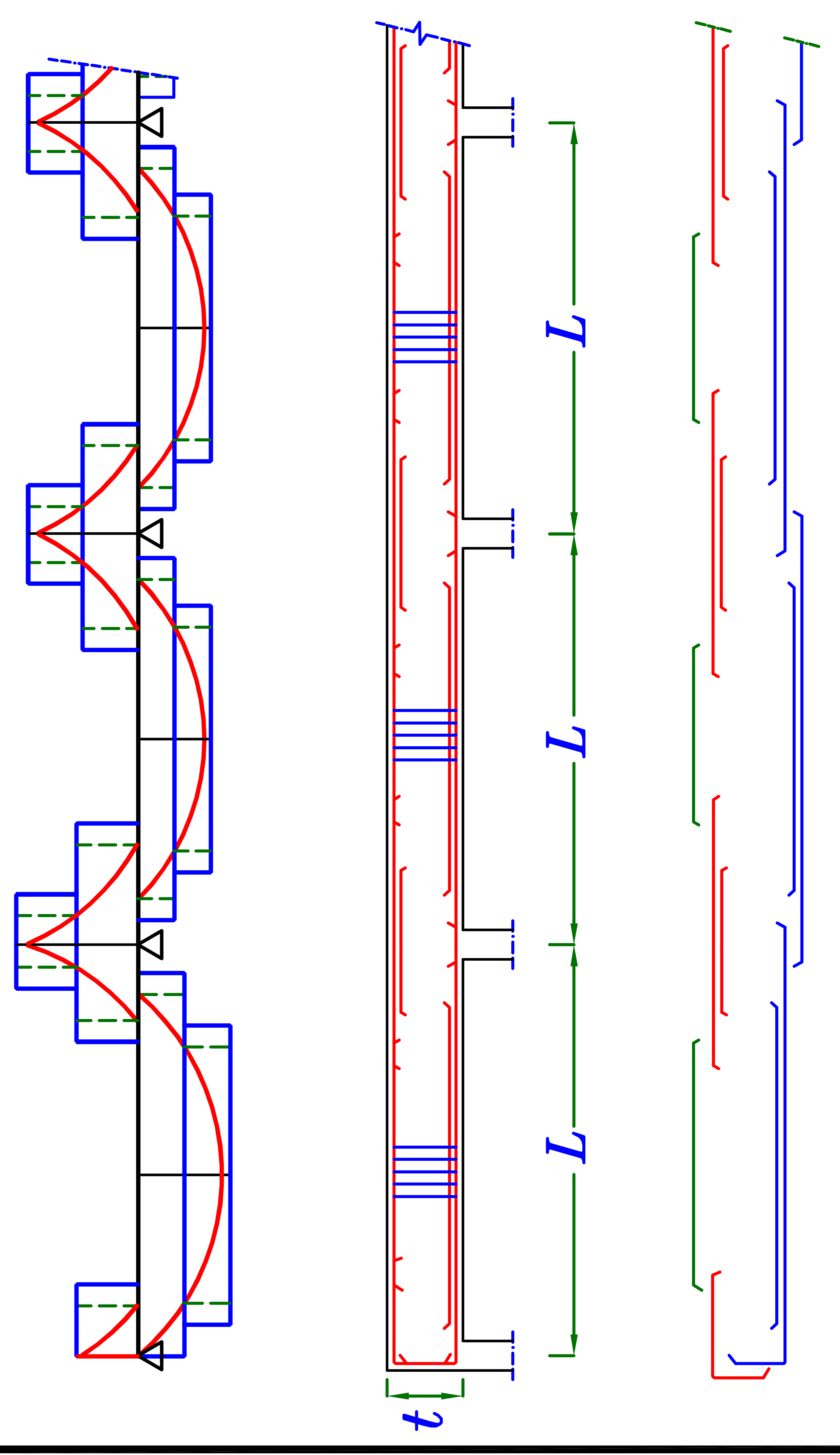


max.(+Ve) B.M.D.



max.−max. B.M.D.



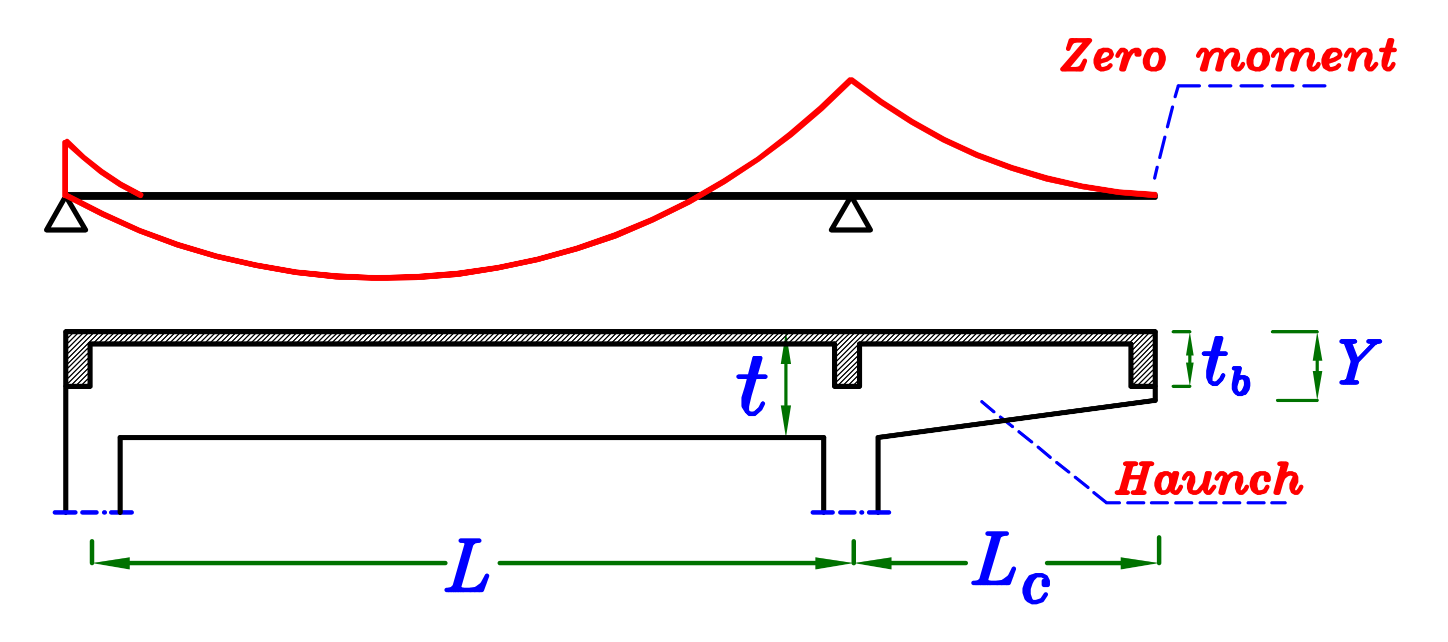

L
L
L
t

IF we use a Haunch in the cantilever.

ممكن للتوفير تقليل عمق الخرسانه عند طرف ال cantilever

لان العزم عند طرف ال cantilever يساوى zero

و فى هذه الحاله نسمى الكابولى Haunch

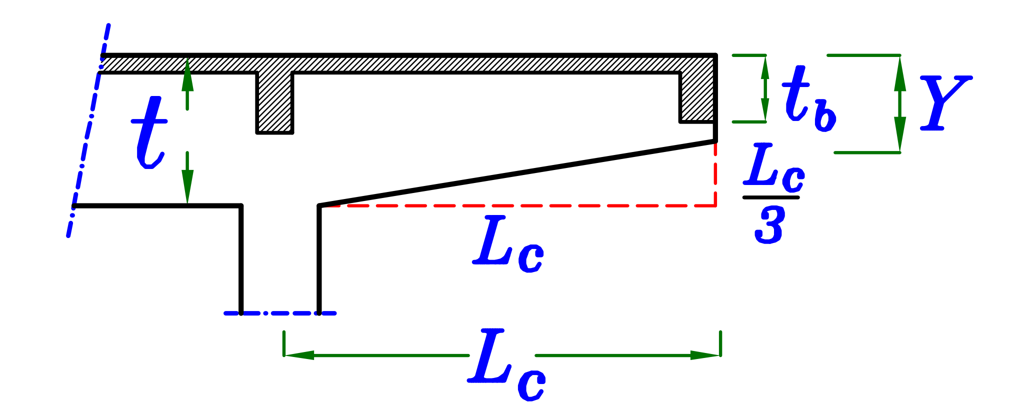


و لرسم ال Haunch يجب أولا تحديد أقل عمق لل Haunch و يسمى Y

$$Y = \begin{cases} \frac{t}{2} & \text{نصف العمق الاصلى للكمره} \\ t_b & \text{cantilever عمق الكمره المحموله على طرف ال} \\ t - \frac{L_c}{3} & \text{ميل ال Haunch لا يزيد عن ١ : ٣} \end{cases}$$

الأكبر

(١ رأسى : ٣ أفقى)



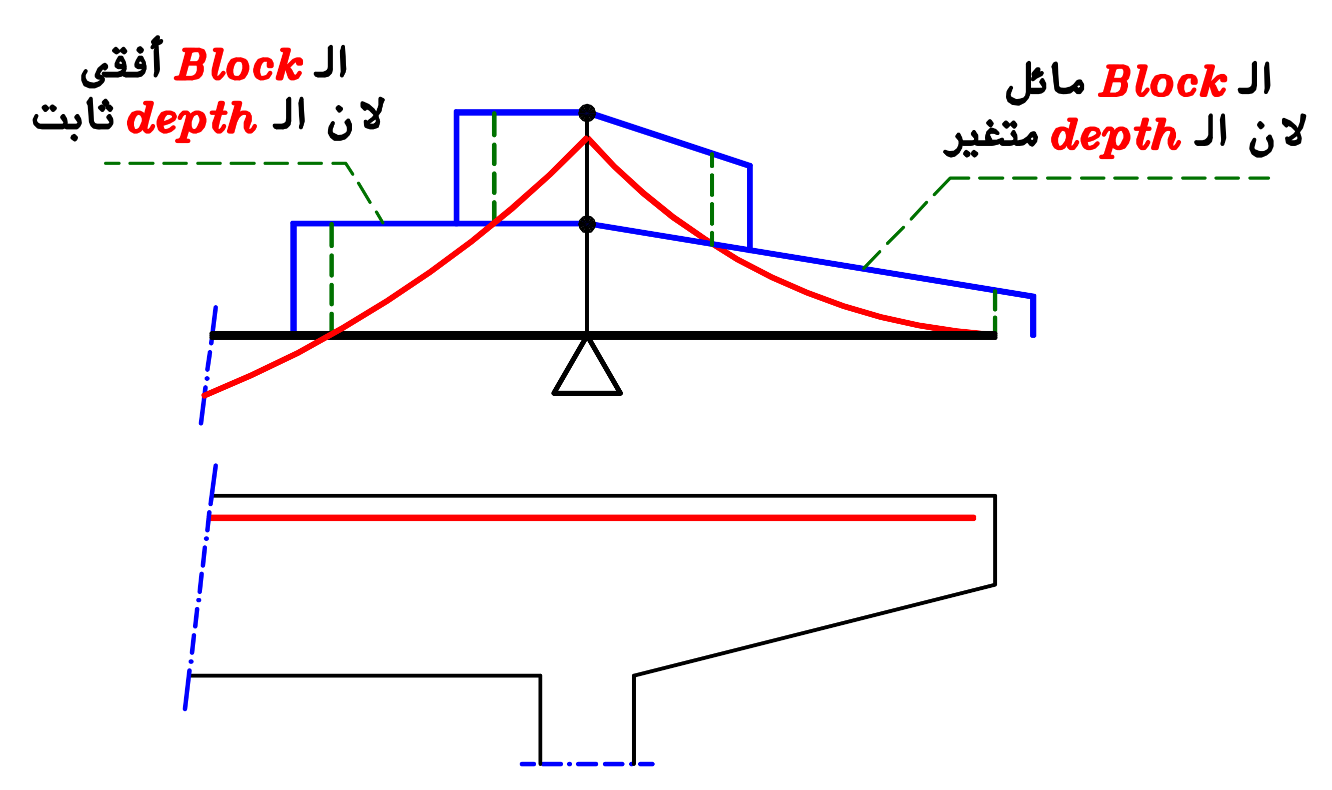


رسم M_R لكمره ذات عمق متغير .

ال M_R يعبر عن مقاومه القطاع .

كلما قلت d للقطاع كلما قلت مقاومه القطاع .

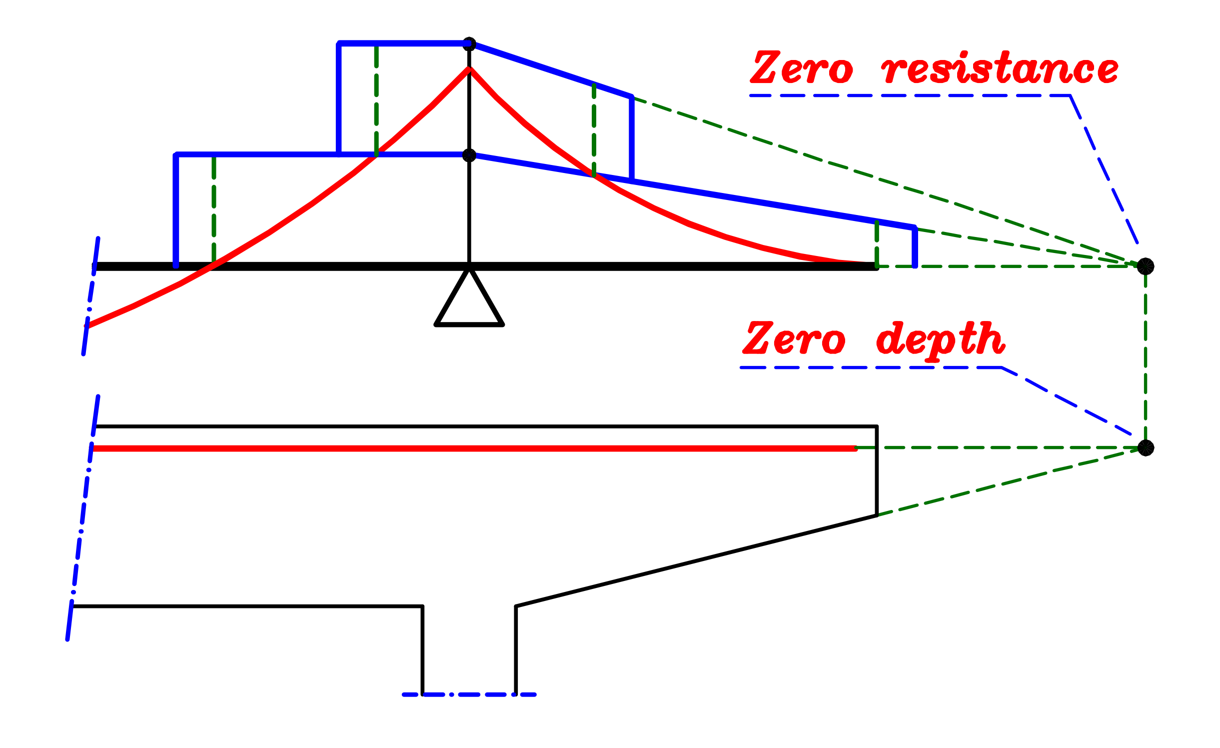
لذلك اذا كان العمق متغير يرسم ال ***Block*** مائل .



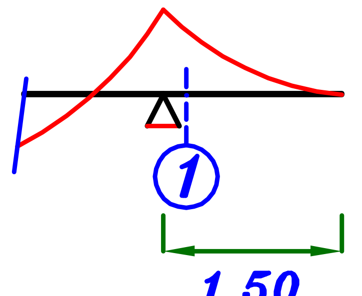
لتحديد ميل ال ***Block*** نحدد مكان نقطه تخيليه يكون عندها العمق يساوى ***Zero***

و ذلك بايصال التسليح الرئيسى (جهه ال ***moment***) بالخرسانه

و تكون المقاومه عند هذه النقطه تساوى ***Zero***



Example. (Haunch)



$t = 800\ mm \qquad Y = 400\ mm$

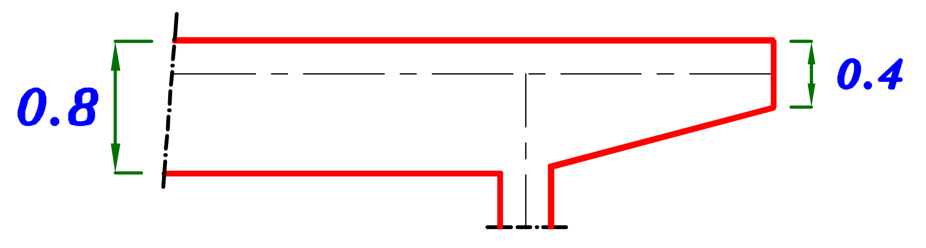
$A_s = 7\phi16 \qquad n = 5$

Req.

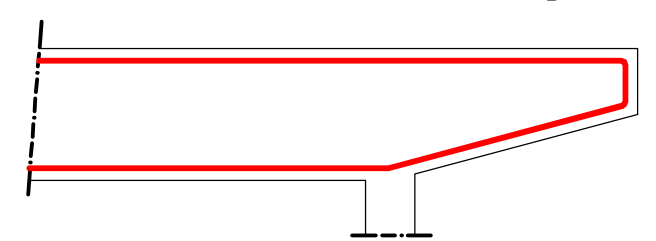
Draw the RFT. of the beam to scale 1:25
making a curtailment using moment of resistance.
Using 2 Blocks.

خطوات الرسم .

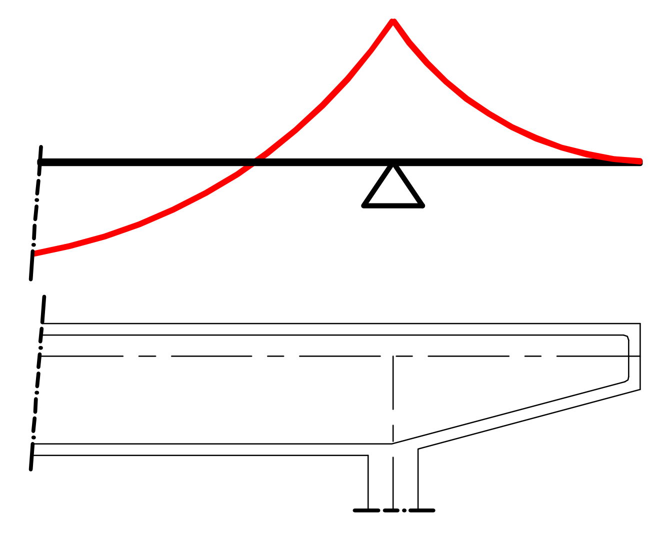
١- أرسم الكمره بمقياس الرسم المطلوب .
مع مراعاه أن ال C.L. يكون فى منتصف العمق الصغير .



٢- نرسم خط مكان التسليح (على بعد cover من الخرسانه)



٣- نرسم ال B.M.D. to scale بحيث يكون ال datum موازى ل C.L. الكمره

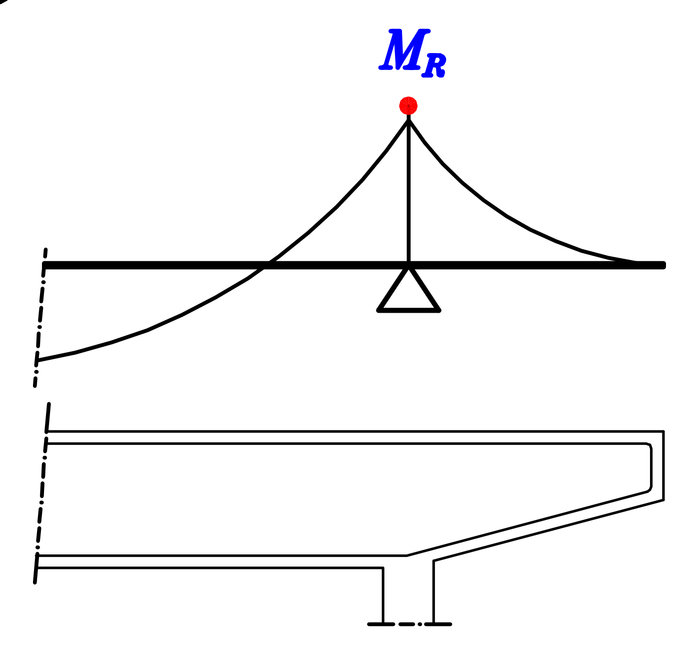


$$M_R = \frac{A_{s\,(Chosen)}}{A_{s\,(Required)}} * M_{act.}$$

٣ـ نحدد قيمه M_R لهذا القطاع من المعادله

و نوقع قيمه M_R على رسمه .B.M.D بنفس ال scale الرأسى

و يكون مكان ال M_R عند أكبر moment لهذا القطاع .



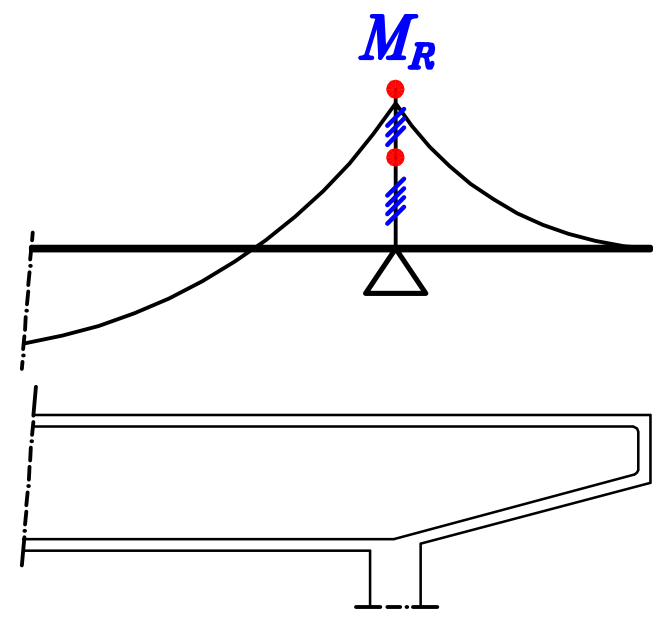
٤ـ نبدأ بتقسيم ال M_R الى بلوكين

$7\phi16 \longrightarrow 4\phi16$ **Block** تقف مع أول

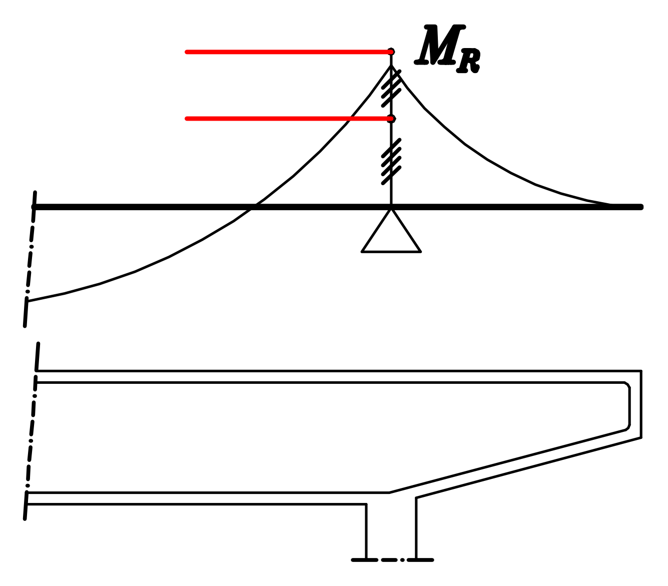
$3\phi16$ **Block** تقف مع ثانى

فيتم تقسيم طول ال M_R الموجود على الرسمه بنفس النسبه

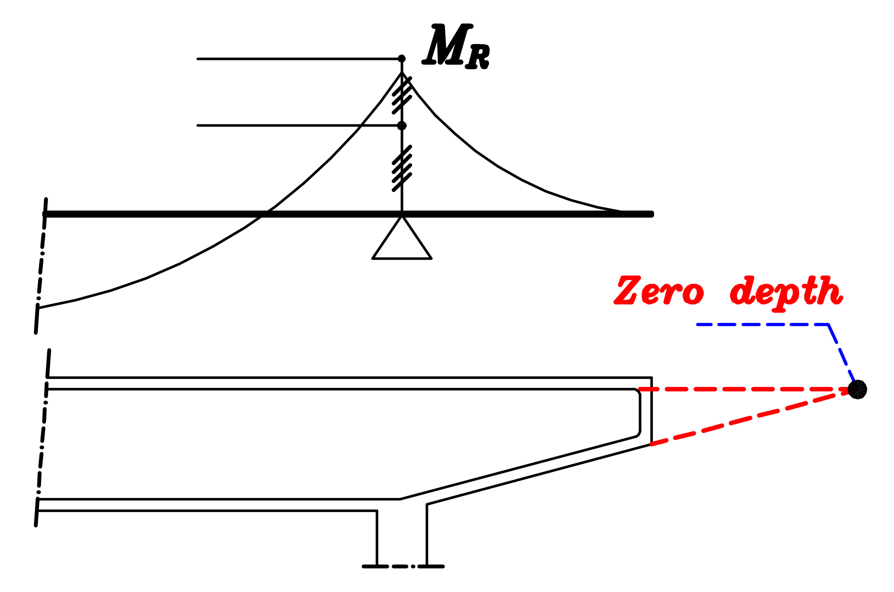
مع مراعاه أن الاسياخ المكمله تكون دائما ناحيه ال datum



٥- نرسم من نقط تقسيم الـ M_R خطوط موازيه لل **datum** ناحيه العمق الثابت

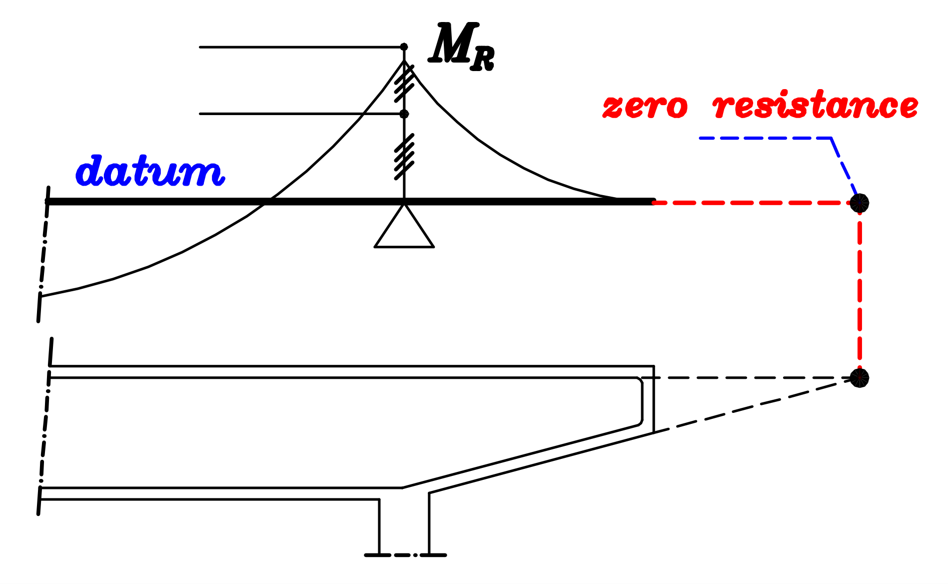


٦- نحدد مكان نقطه **zero depth** و ذلك بأن نمد خط من التسليح الرئيسى و الخرسانه فتكون نقطه تقاطعهم هى الـ **zero depth**



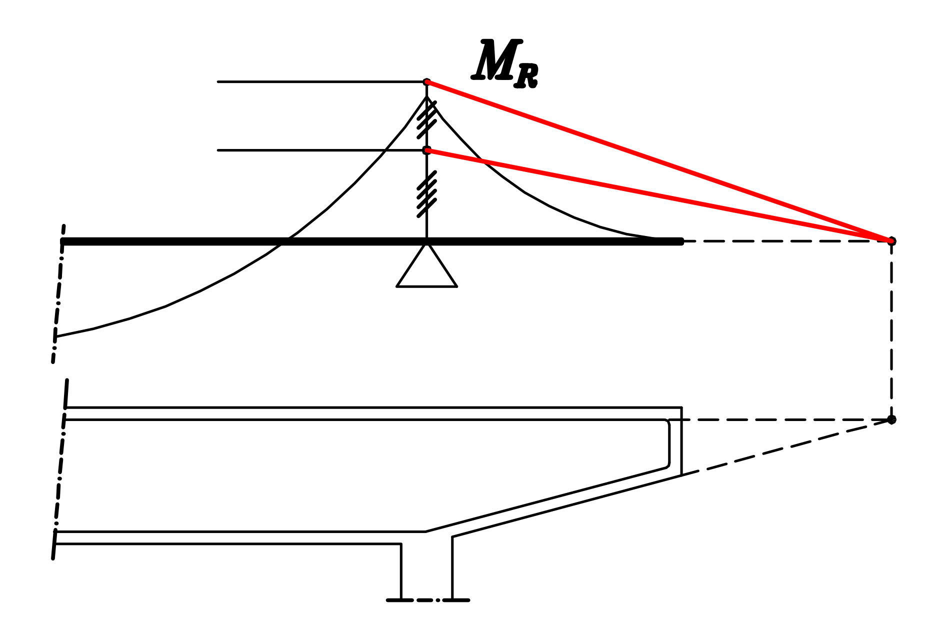
٧- نحدد مكان نقطه **zero resistance**

و ذلك بأن نمد خط رأسى من نقطه الـ **zero depth** الى الـ **datum**

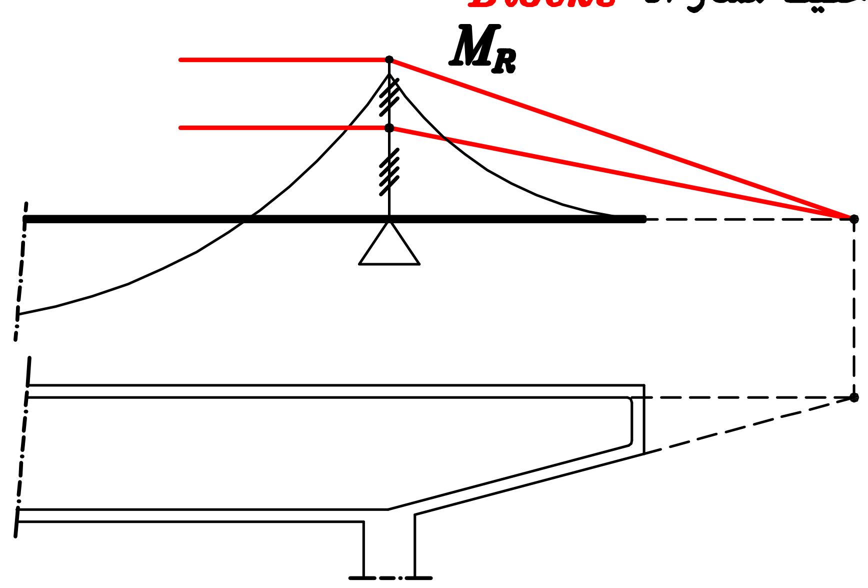


٨- لتحديد ميل ال **Blocks** فى المنطقه التى بها العمق متغير .

نصل خطوط من نقطه ال **zero resistance** الى نقط تقسيم ال M_R



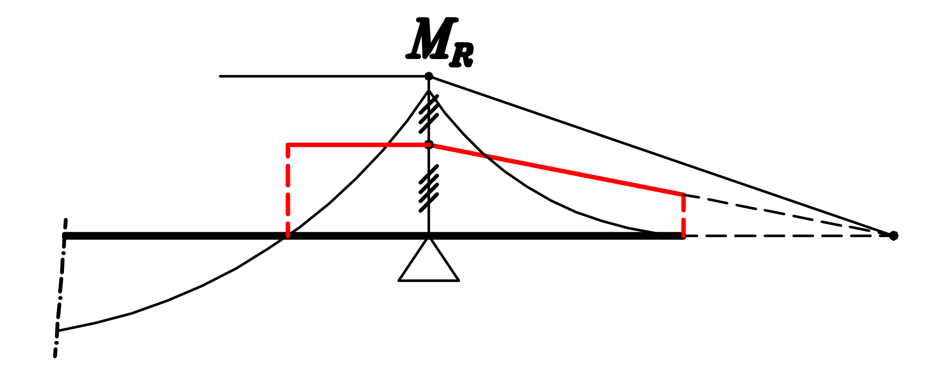
٩- نرسم بخط خفيف مسار ال **Blocks**



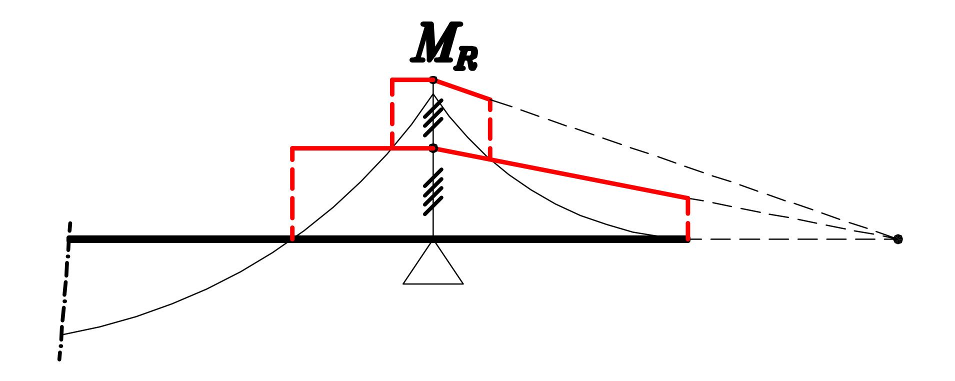
١٠- نعمل على رسم البلوكات بالترتيب الاتى

- نقفل ال **Block** الذى جهه ال **datum** أولا من عند نقط ال **zero moment**

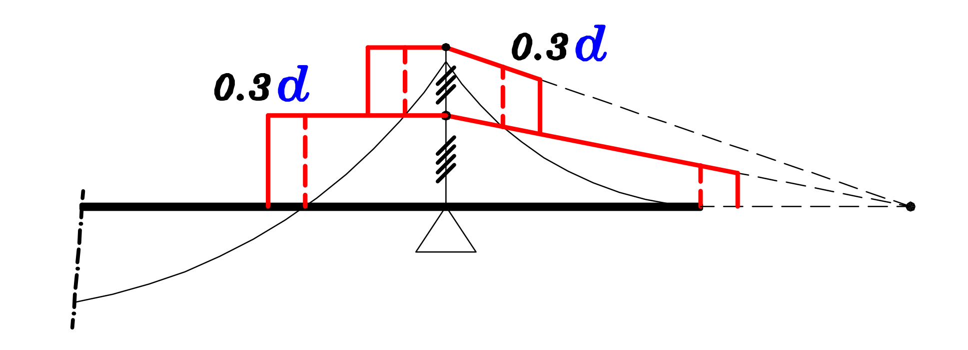
نرسم خطوط **dotted** عموديه على ال **datum**



- نقفل ال **Block** الثانى من نقط تقاطع ال **Block** الاول مع ال **B.M.D.**

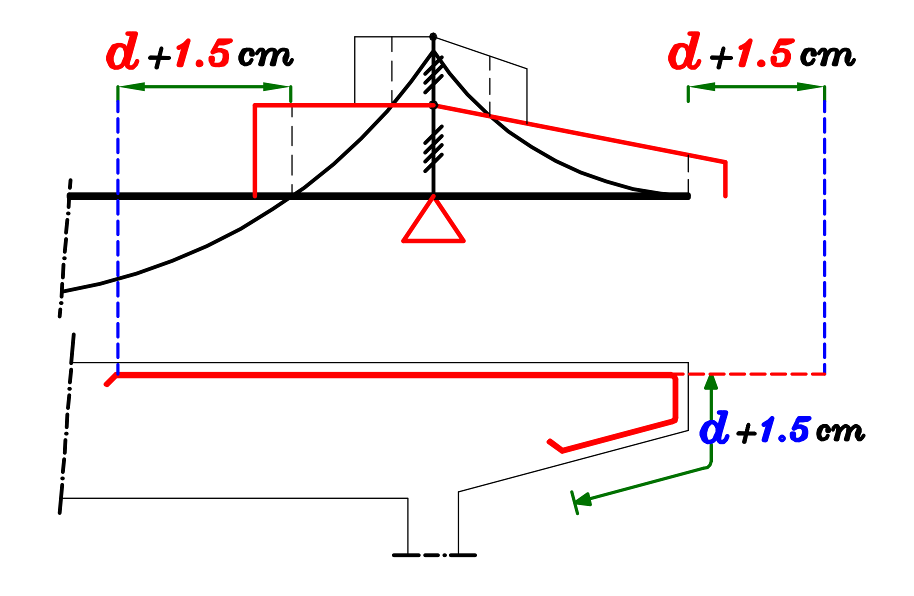


١١- نرحل الخطوط ال **dotted** الموجوده فى نهايه كل **Block** للخارج مسافه موازيه لل **datum** تساوى **0.3 d** بنفس **scale** الكمره . (ال **d** الكبيره)

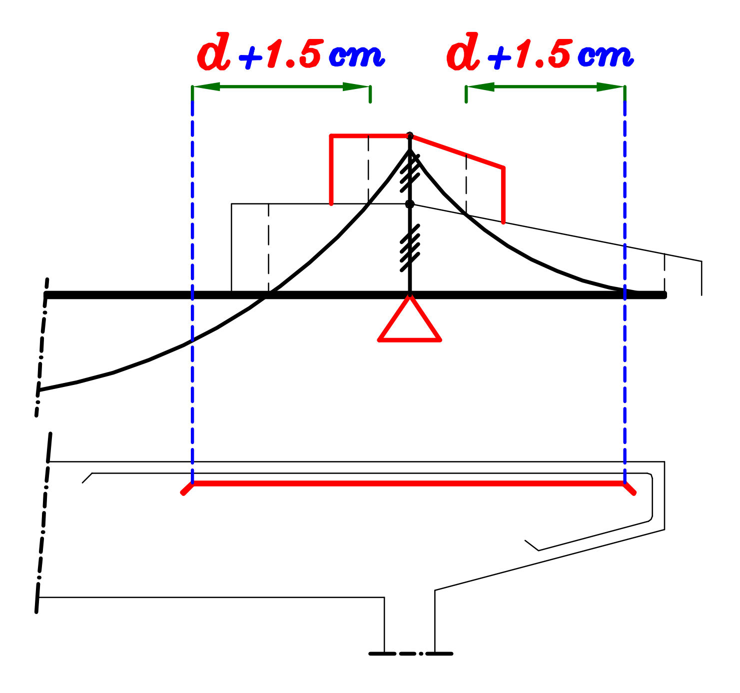


١٢- نرسم تسليح أول **Block** (الموجود بجوار ال **datum**)

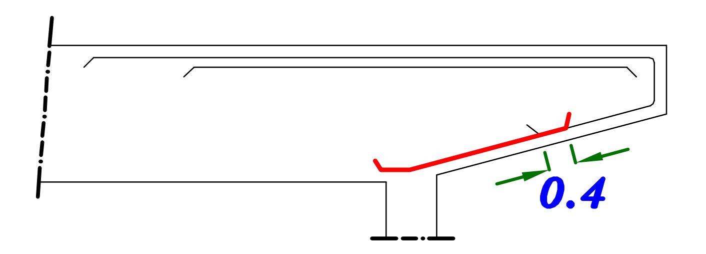
بحيث يمتد مسافه **d +1.5 cm** من الخط ال **dotted** (ال **d** الكبيره)



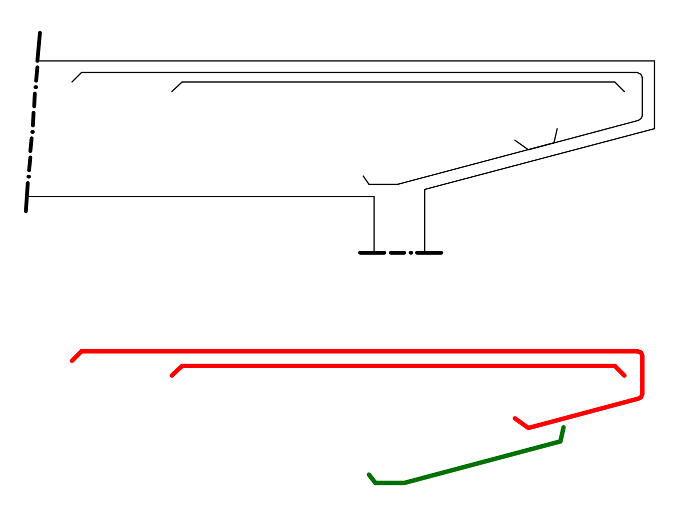
١٣- نرسم تسليح ثانى **Block** بحيث يمتد مسافه d +1.5 cm من الخط ال **dotted** (ال d الكبيره)

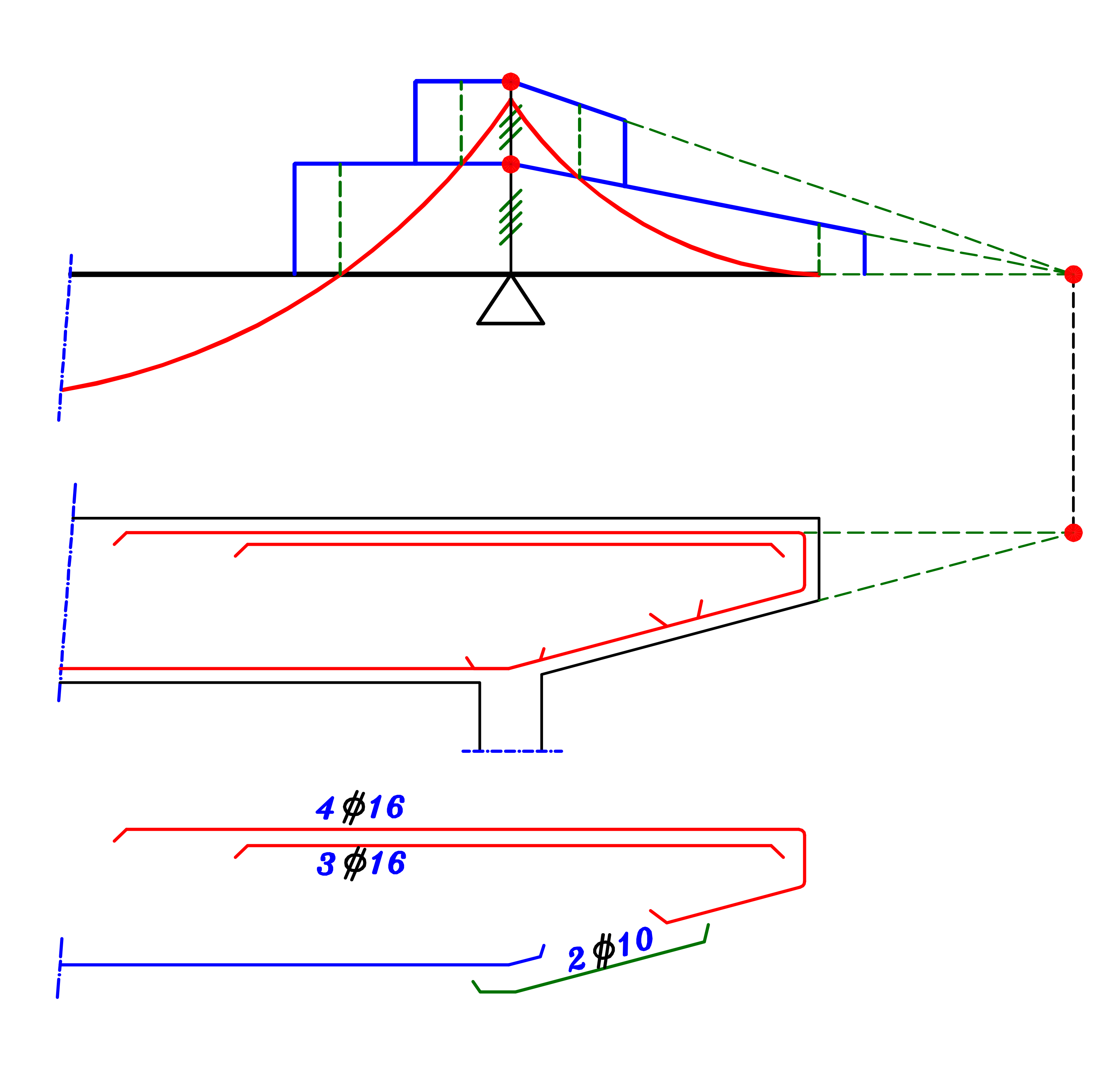


١٤- فى المنطقه الباقيه نمد تسليح **Hangers stirrup**
و يعمل تداخل مع التسليح الرئيسى مسافه 0.4 m



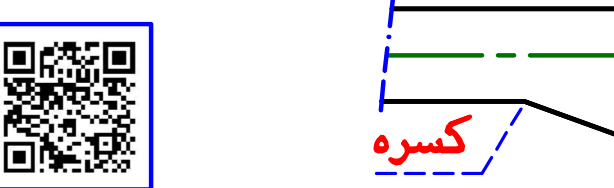
١٥- نرسم التفريد

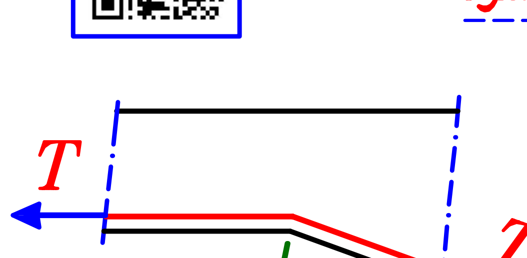



4 ϕ16
3 ϕ16
2 ϕ10

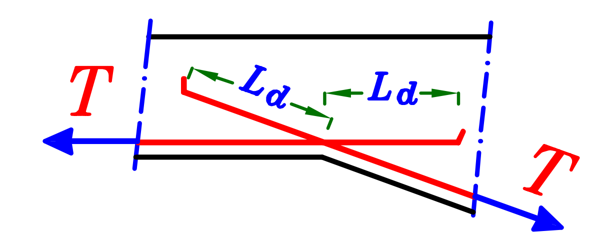
رسم M_R لكمره بها كسره فى الخرسانه

تعريف الكسره هى نقطه فاصله فى الكمره بين منطقه العمق بها ثابت و منطقه العمق بها متغير .





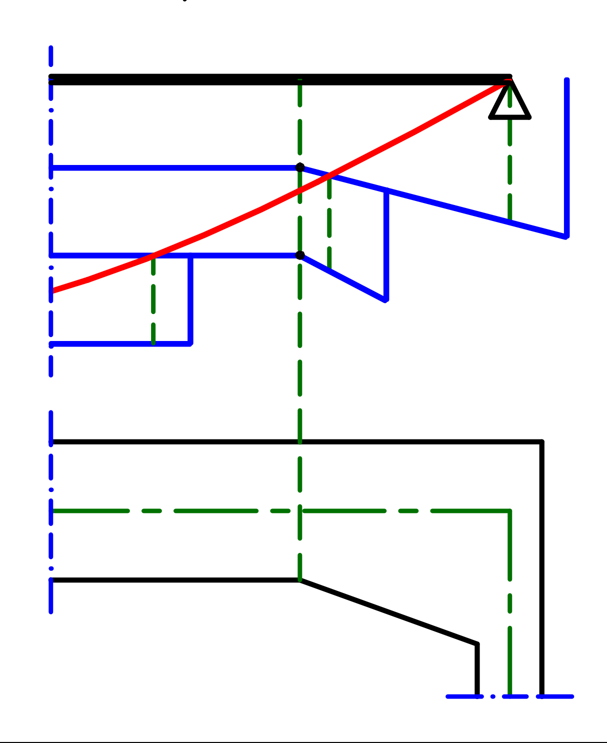
و عند الكسره يجب أن نعمل مقص فى التسليح حتى لا تكسر محصله القوى ال cover الخرسانى .



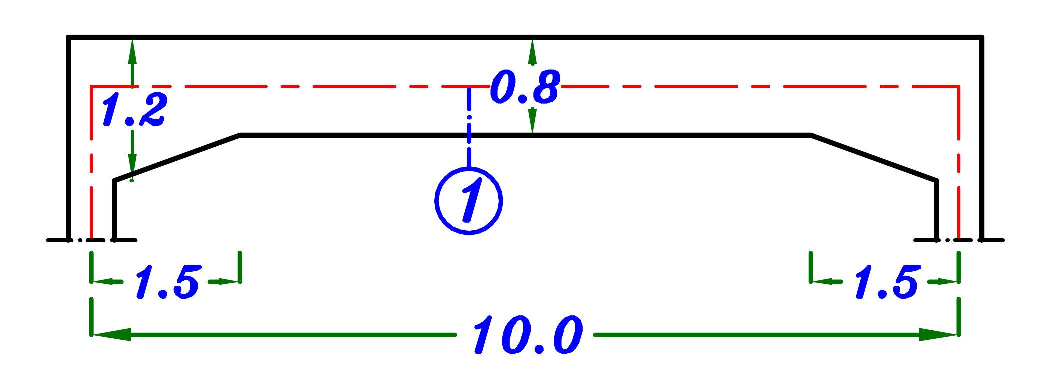
رسم M_R لكمره بها كسره فى الخرسانه

عند المنطقه التى يكون عندها العمق ثابت ترسم خطوط ال M_R موازيه لل datum

و عند المنطقه التى عندها العمق متغير ترسم خطوط ال M_R مائله .



Example.



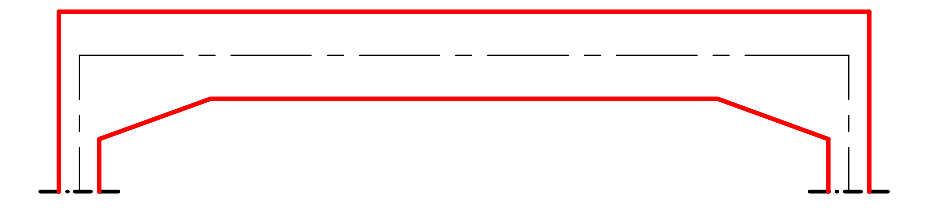
$A_s = 12 \phi 22 \quad n = 5$

Req.

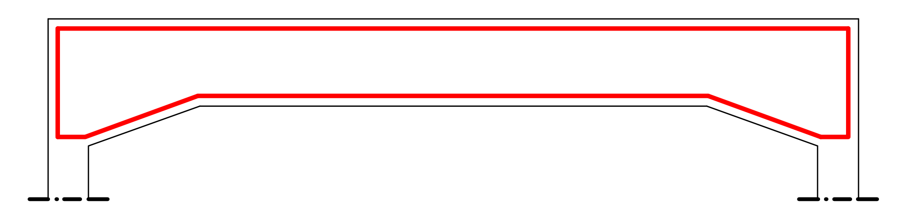
Draw the RFT. of the beam to scale 1:25 making a curtailment using moment of resistance. Using 2 Blocks.

خطوات الرسم .

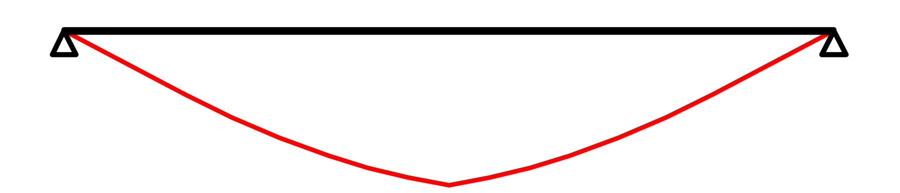
١ـ أرسم الكمره بمقياس الرسم المطلوب .
مع مراعاه أن ال **C.L.** يكون فى منتصف العمق الصغير .



٢ـ نرسم خط مكان التسليح (على بعد **cover** من الخرسانه)



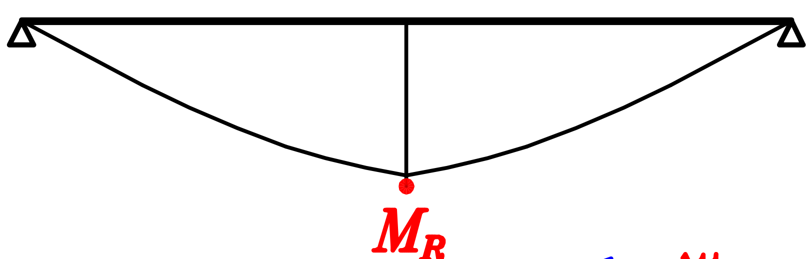
٣ـ نرسم ال **B.M.D. to scale** بحيث يكون ال **datum** موازى ل **C.L.** الكمره



$$M_R = \frac{A_{s\,(Chosen)}}{A_{s\,(Required)}} * M_{act.}$$

٤ـ نحدد قيمه M_R لهذا القطاع من المعادله

و نوقع قيمه M_R على رسمه B.M.D. بنفس الـ scale الرأسى
و يكون مكان الـ M_R عند أكبر moment لهذا القطاع .

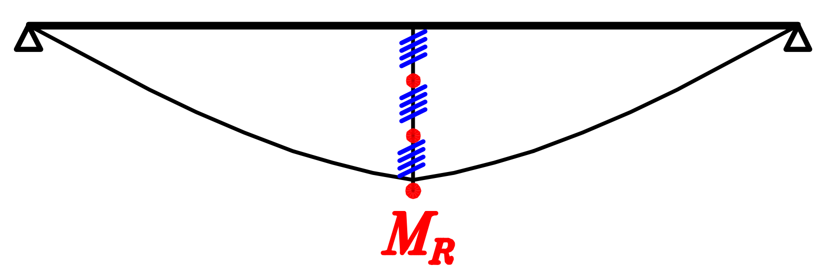


٥ـ نقسم الـ M_R الى ٣ بلوكات

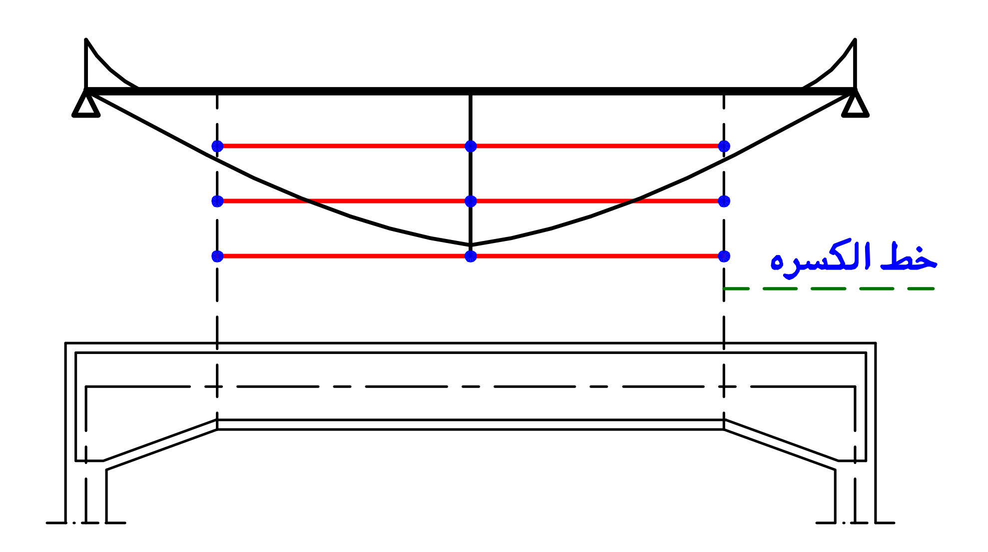
$12\phi22 \longrightarrow$

$4\phi22$	تكمل من وش العمود الى وش العمود
$4\phi22$	تقف مع ثانى Block
$4\phi22$	تقف مع ثالث Block

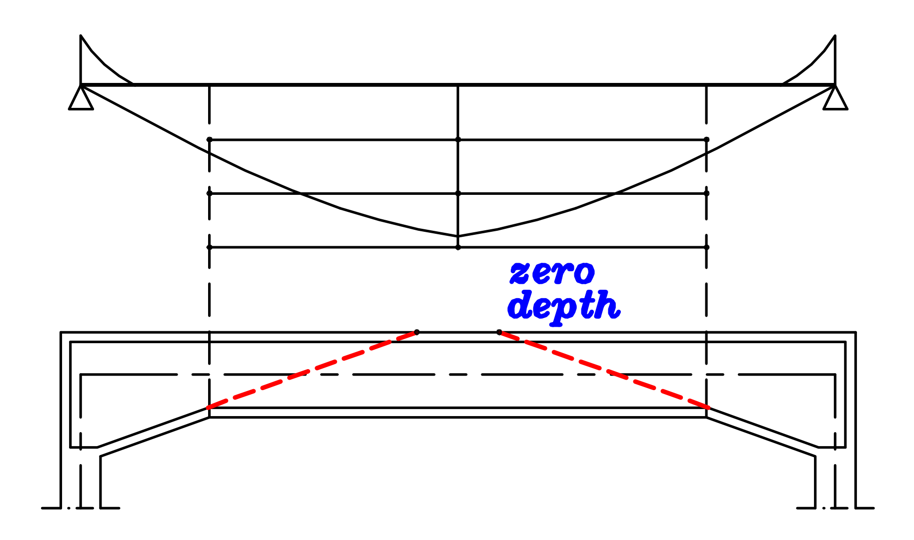
فيتم تقسيم طول الـ M_R الموجود على الرسمه بنفس النسبه
مع مراعاه أن الاسياخ المكله تكون دائما ناحيه الـ datum



٦ـ نرسم من نقط تقسيم الـ M_R خطوط موازيه لـ datum فى المنطقه التى عمقها ثابت حتى خط الكسره فقط.

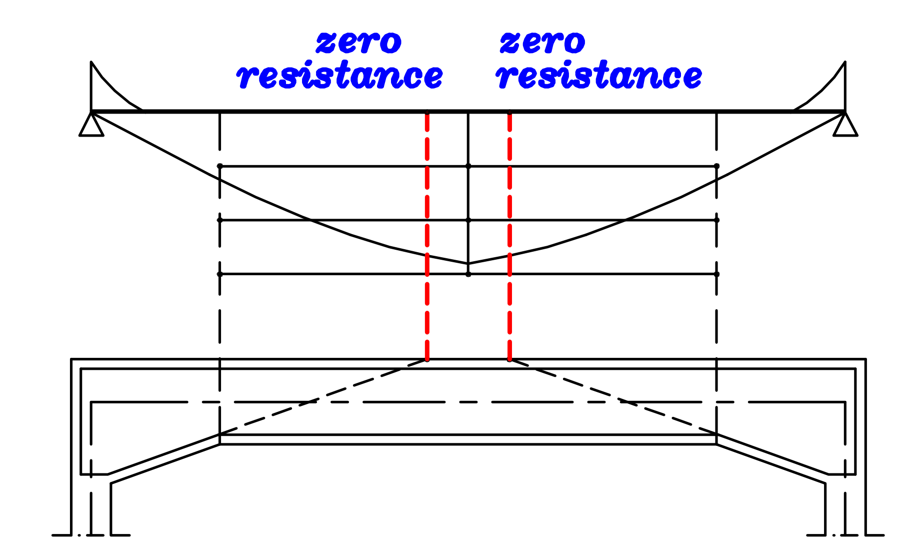


٧- فى المنطقه ذات العمق المتغير تكون خطوط ال M_R مائله و لتحديد هذا الميل نحدد مكان نقطه ***zero depth*** و ذلك بأن نمد خط من التسليح الرئيسى و الخرسانه

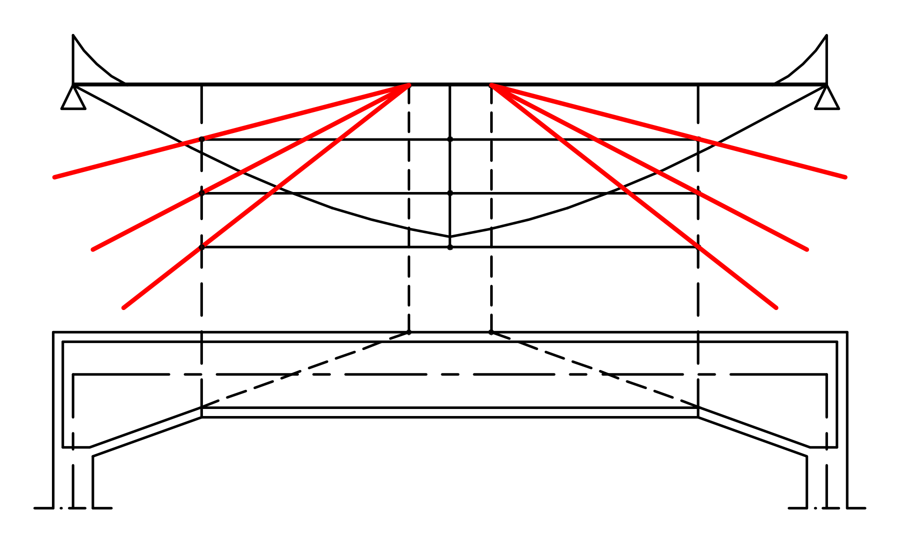


٨- نحدد مكان نقطه ***zero resistance***

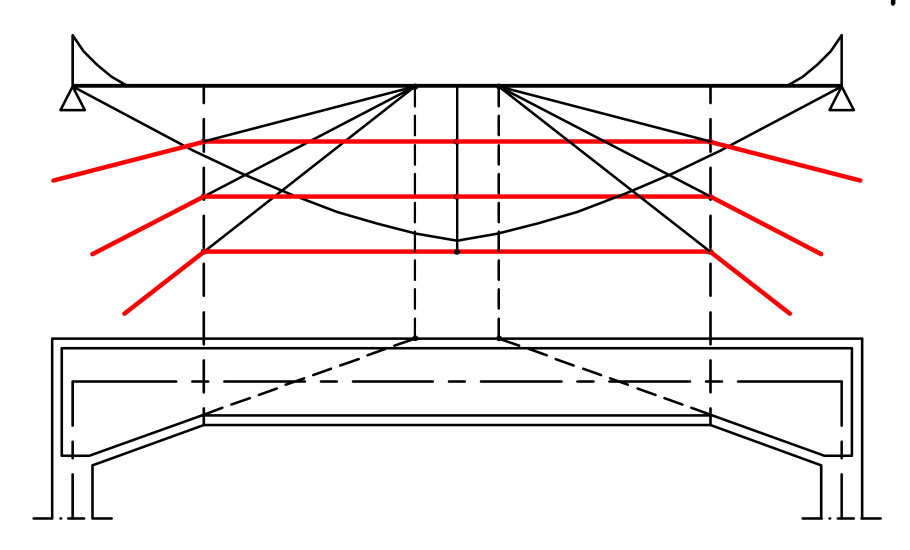
و ذلك بأن نمد خط رأسى من نقطه ال ***zero depth*** الى ال ***datum***



٩- لرسم خطوط ال M_R المائله نوصل خطوط من نقطه ***zero resistance*** الى نقط تقاطع خطوط ال M_R مع الكسره .

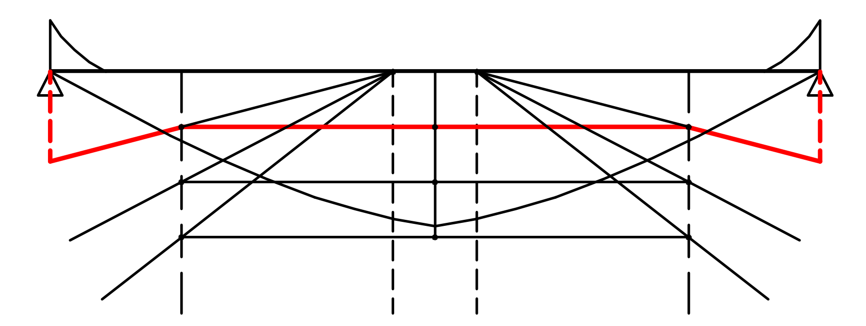


١٠- بعد رسم خطوط ال M_R المائله مباشره نرسم مسار ال **Block**
و ذلك برسم خط خفيف يبين لنا مسار ال **Block** الافقى و المائل معا .

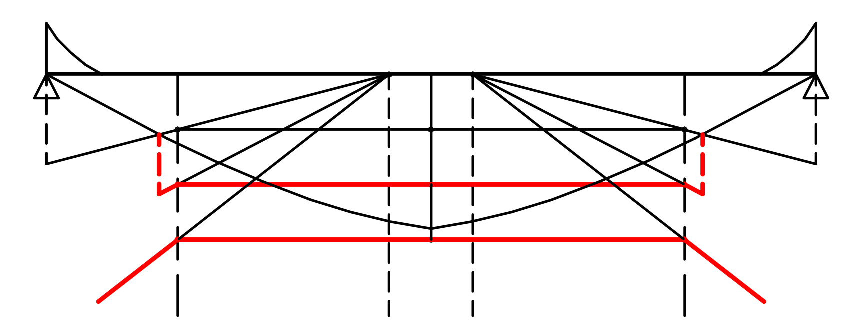


١١- نعمل على رسم البلوكات بالترتيب الاتى

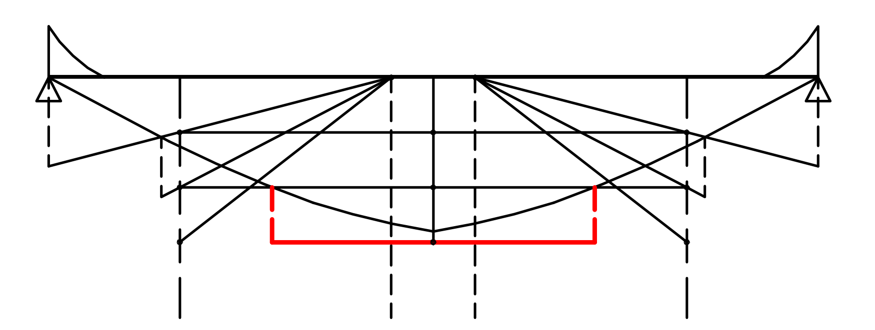
- نقفل ال **Block** الذى جهه ال **datum** أولا من عند نقط ال **zero moment**
نرسم خطوط **dotted** عموديه على ال **datum**



- نقفل ال **Block** الثانى من نقط تقاطع ال **Block** الاول مع ال **B.M.D.**



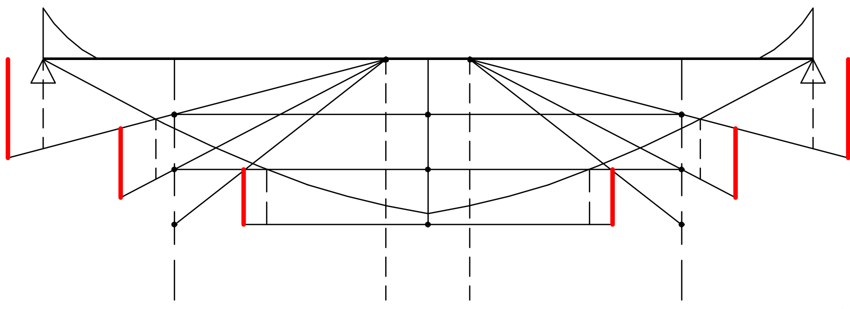
- نقفل ال **Block** الثالث من نقط تقاطع ال **Block** الثانى مع ال **B.M.D.**



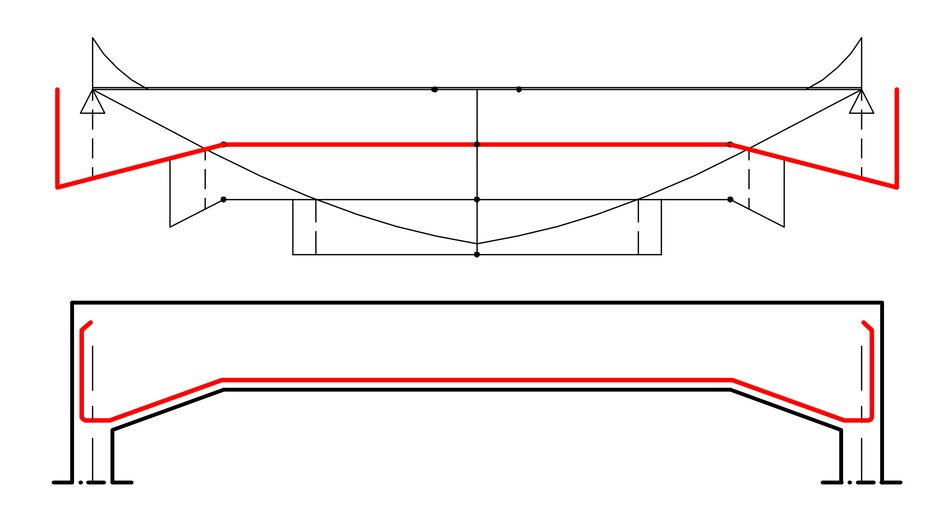
١٢ـ نرحل الخطوط الـ dotted الموجوده فى نهايه كل Block للخارج مسافه موازيه لـ datum تساوى 0.3 d بنفس scale الكمره .

(للبلوكات التى بها جزء مائل تكون الـ d الكبيره)

(للبلوك الذى لا يوجد به مائل تكون الـ d الصغيره)

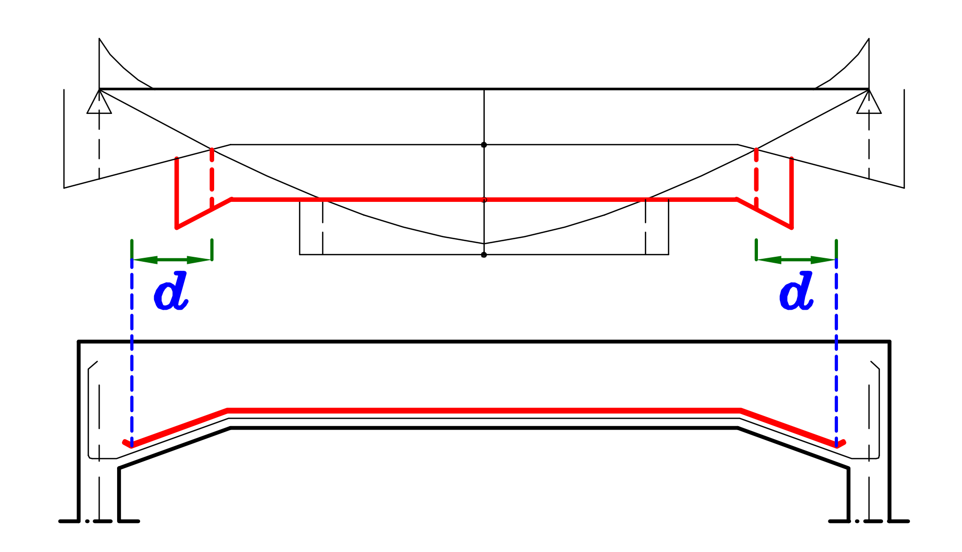


١٣ـ نرسم تسليح أول Block (الموجود بجوار الـ datum) و يكمل من وش العمود الى وش العمود و يعمل ركبه مع العمود الذى فى الطرف (مثل الـ Empirical)



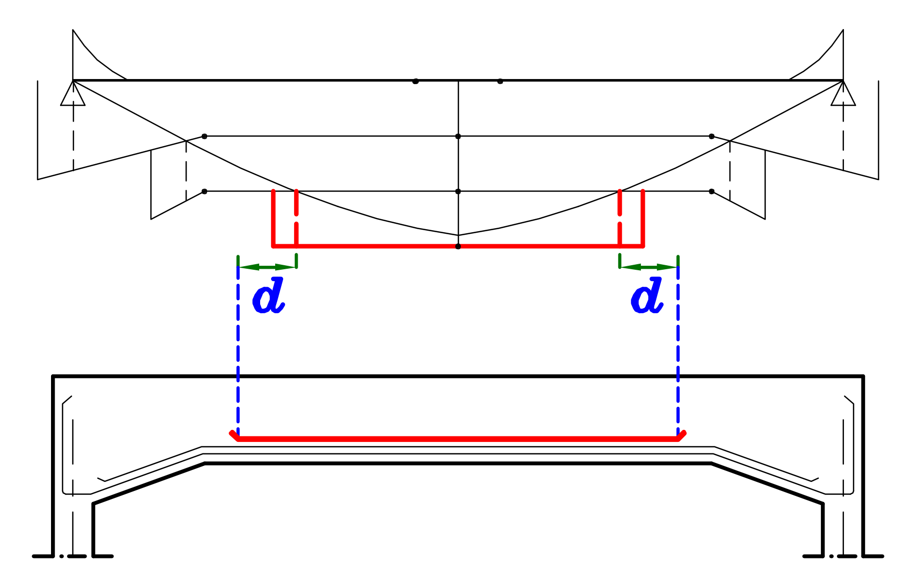
١٤ـ نرسم تسليح الـ Block الثانى بحيث يمتد مسافه d من الخط الـ dotted

(للبلوكات التى بها جزء مائل تكون الـ d الكبيره)

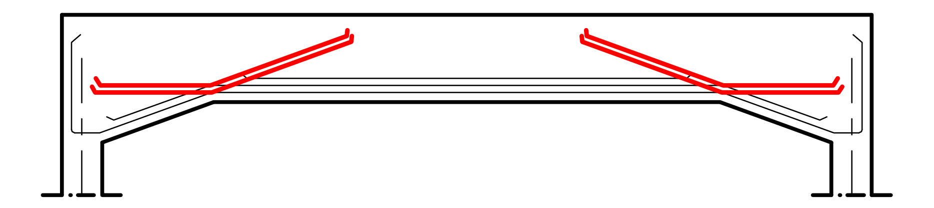


١٥- نرسم تسليح الـ **Block** الثالث بحيث يمتد مسافه **d** من الخط الـ **dotted**

(للبلوك الذى لا يوجد به مائل تكون الـ **d** الثابته)

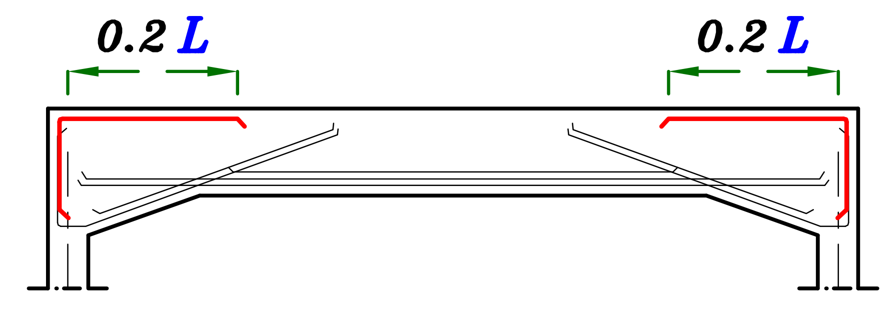


١٦- للاسياخ التى مرت من فوق الكسره يجب عمل مقص لها .



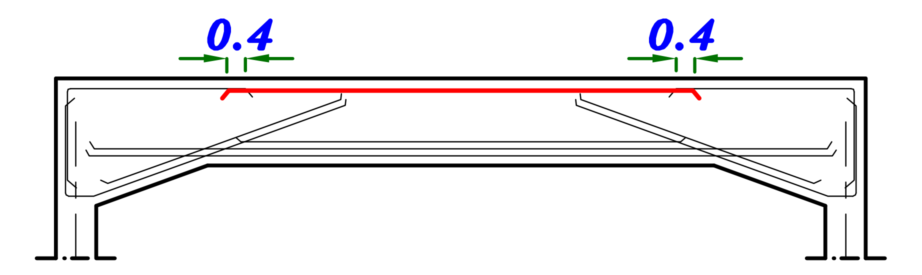
١٧- نرسم التسليح للعزم $\frac{wL^2}{24}$ (مثل الـ **Empirical**)

و يمتد حتى مسافه $0.2\ L$ من **C.L.** العمود .

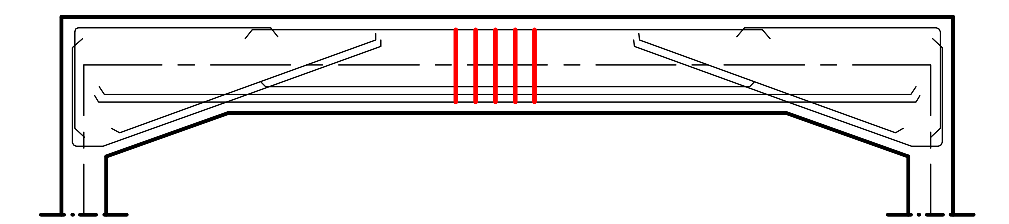


١٨- فى المنطقه الباقيه نمد تسليح **Hangers stirrup**

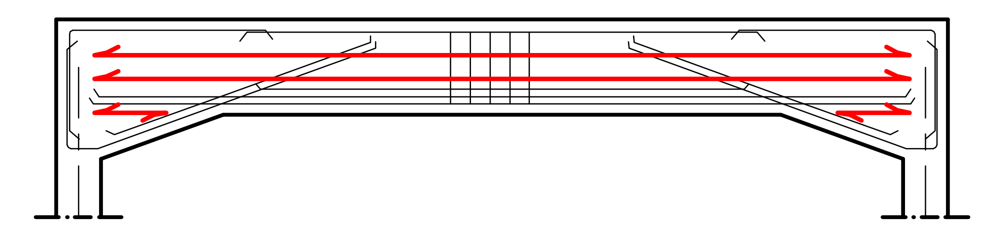
و يعمل تداخل مع التسليح الرئيسى مسافه **0.4 m**



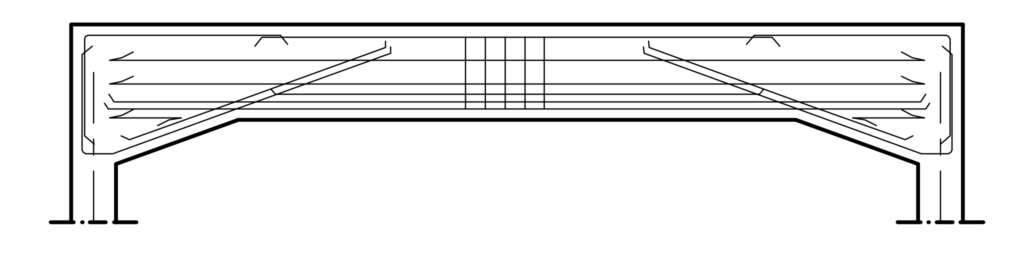
١٩- نرسم الكانات عموديه على ال *C.L.*

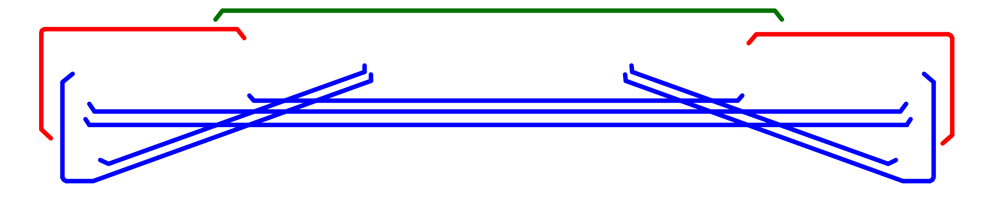


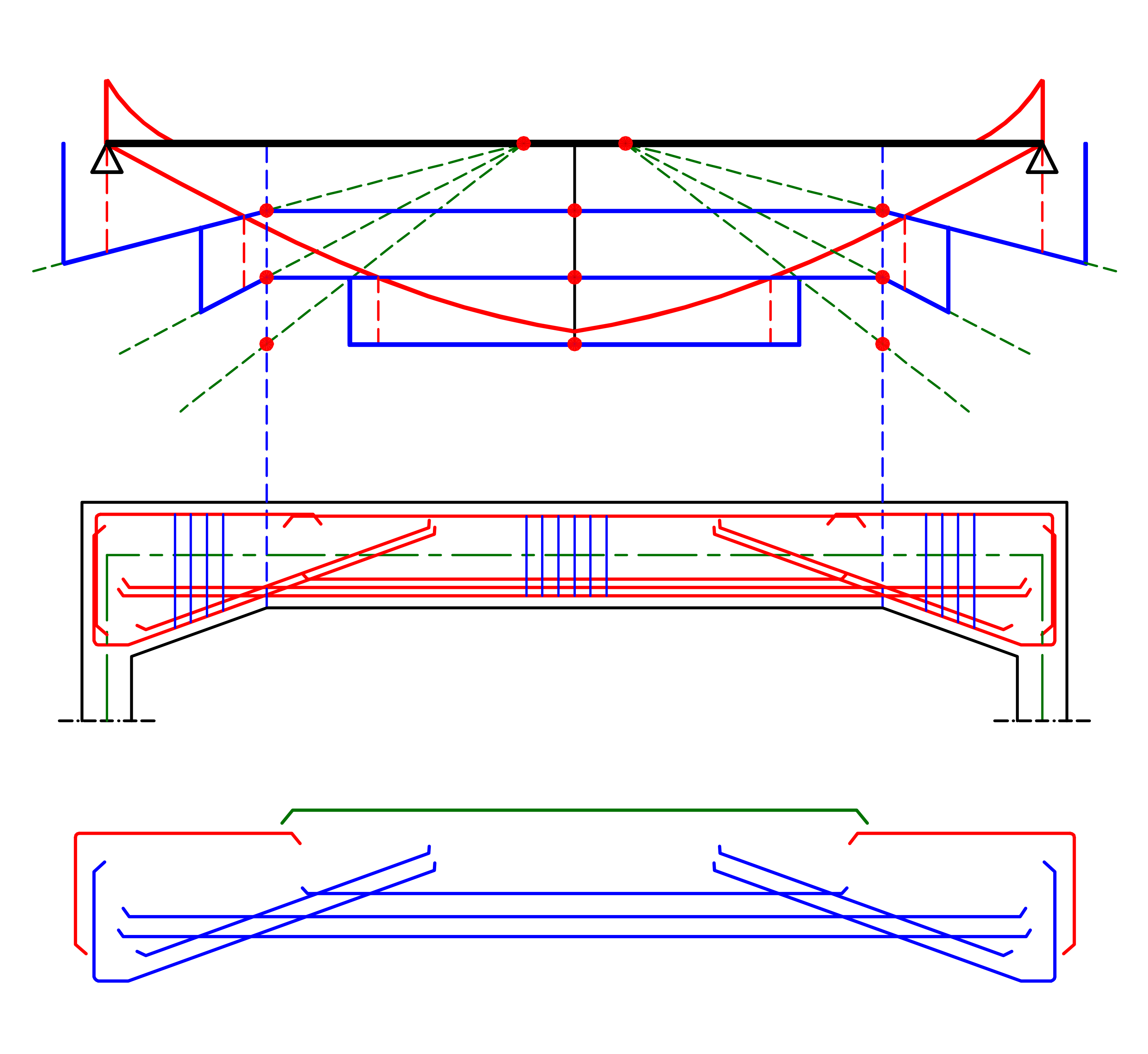
٢٠- نرسم ال ***shrinkage bars*** موازيه لل *C.L.*

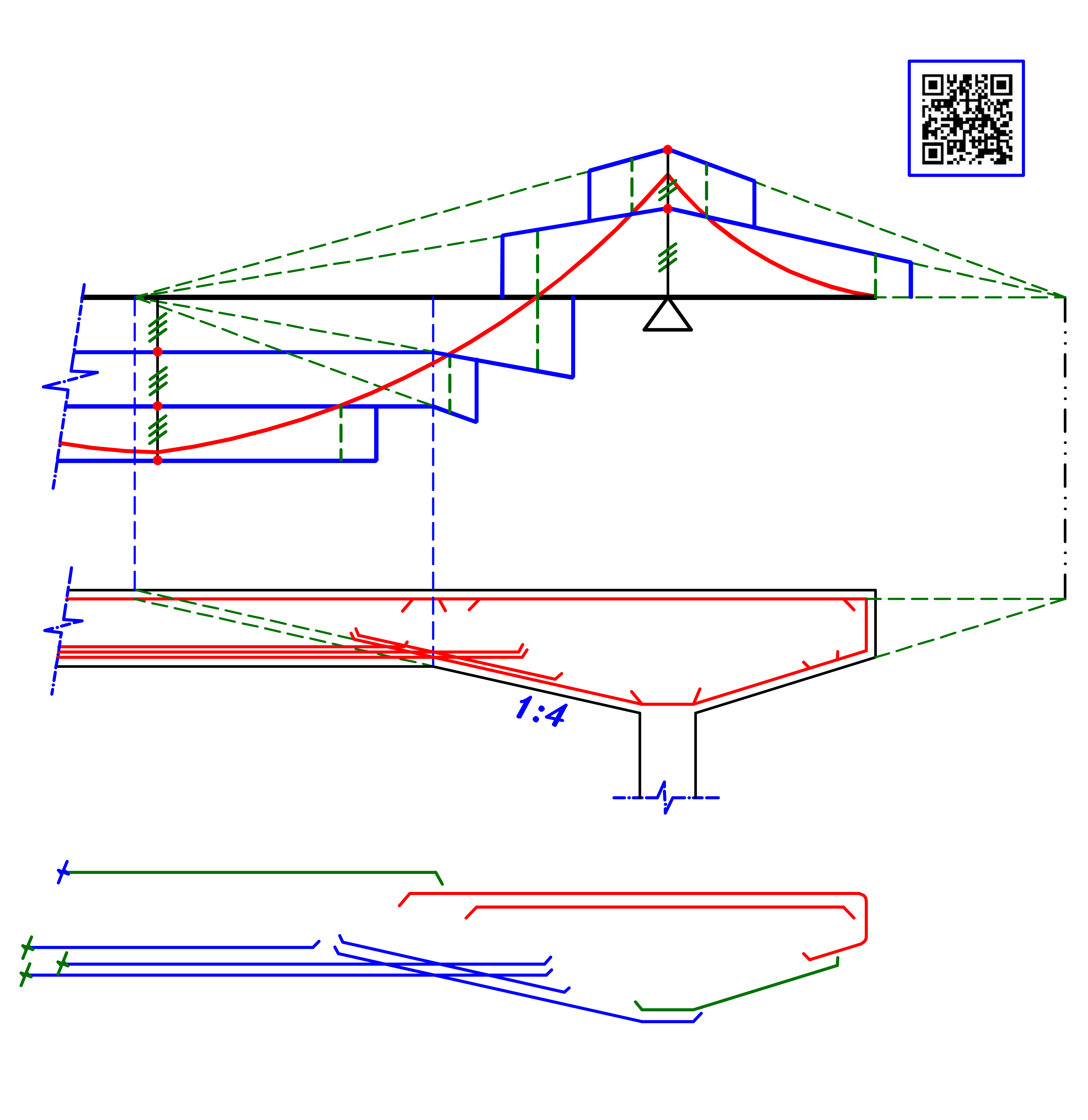


٢١- نرسم التفريد



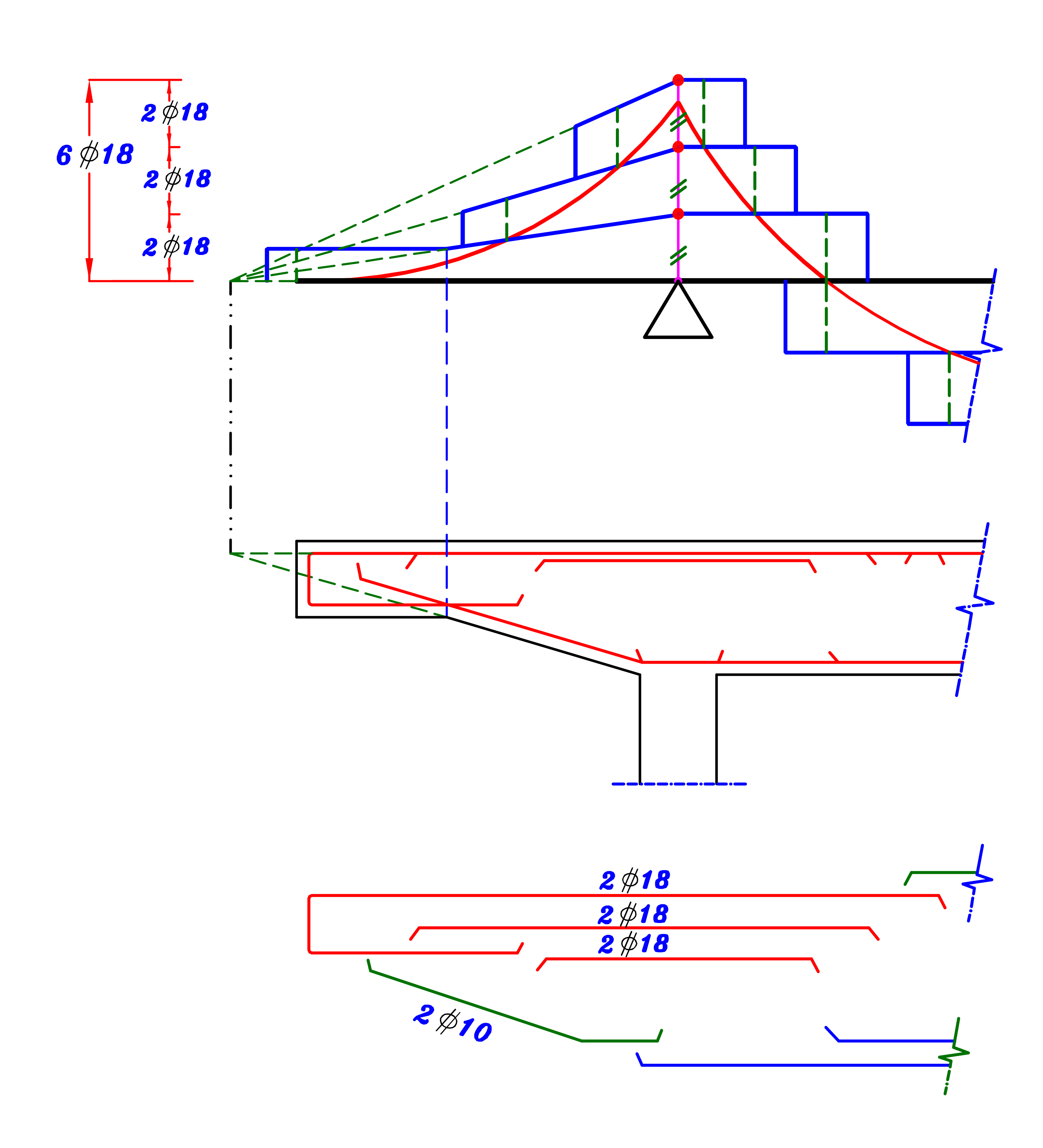




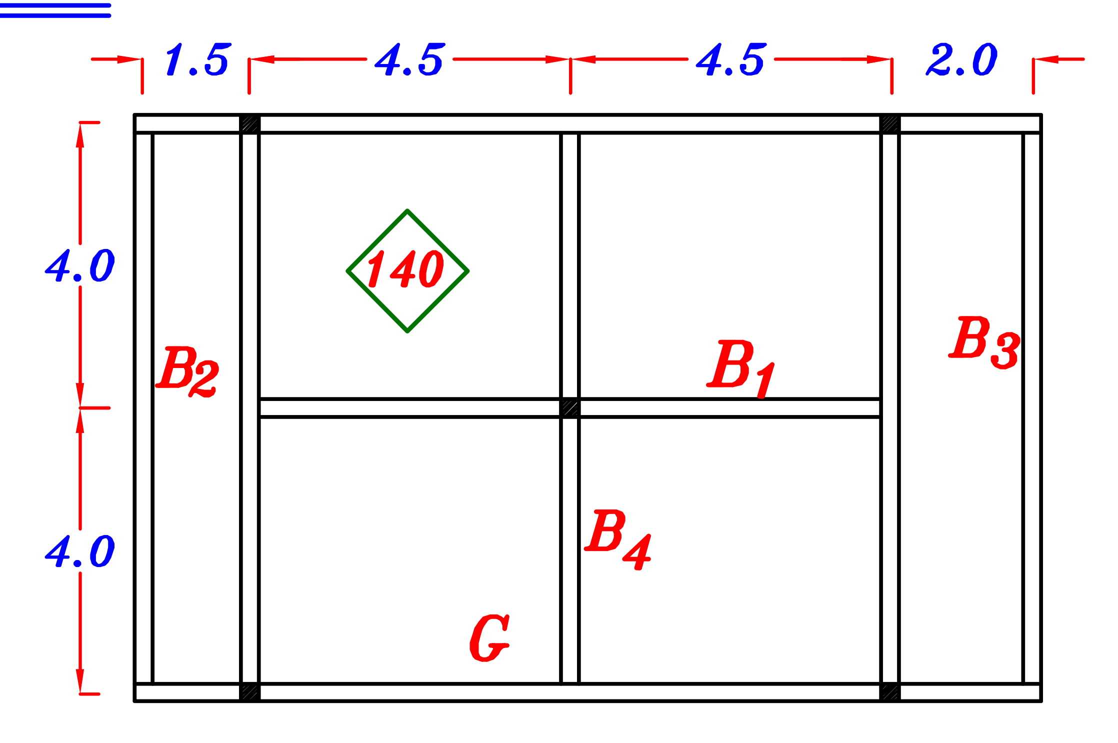

1:4

Example

n = 5.0



Example.



$F_{cu} = 25$ N\mm^2 st. 360/520

F.C. = 1.50 kN\m^2 L.L. = 3.0 kN\m^2

Req.

① Draw Absolute B.M.D. For beam B_1 & girder G.

② Design the critical sections For beam B_1 & girder G.

③ Draw Details of RFT. For beam B_1 & girder G.
in elevation to scale 1:25 & cross sec. 1:10
using Empirical Method For B_1 & Moment of resistance For G.

Solution.

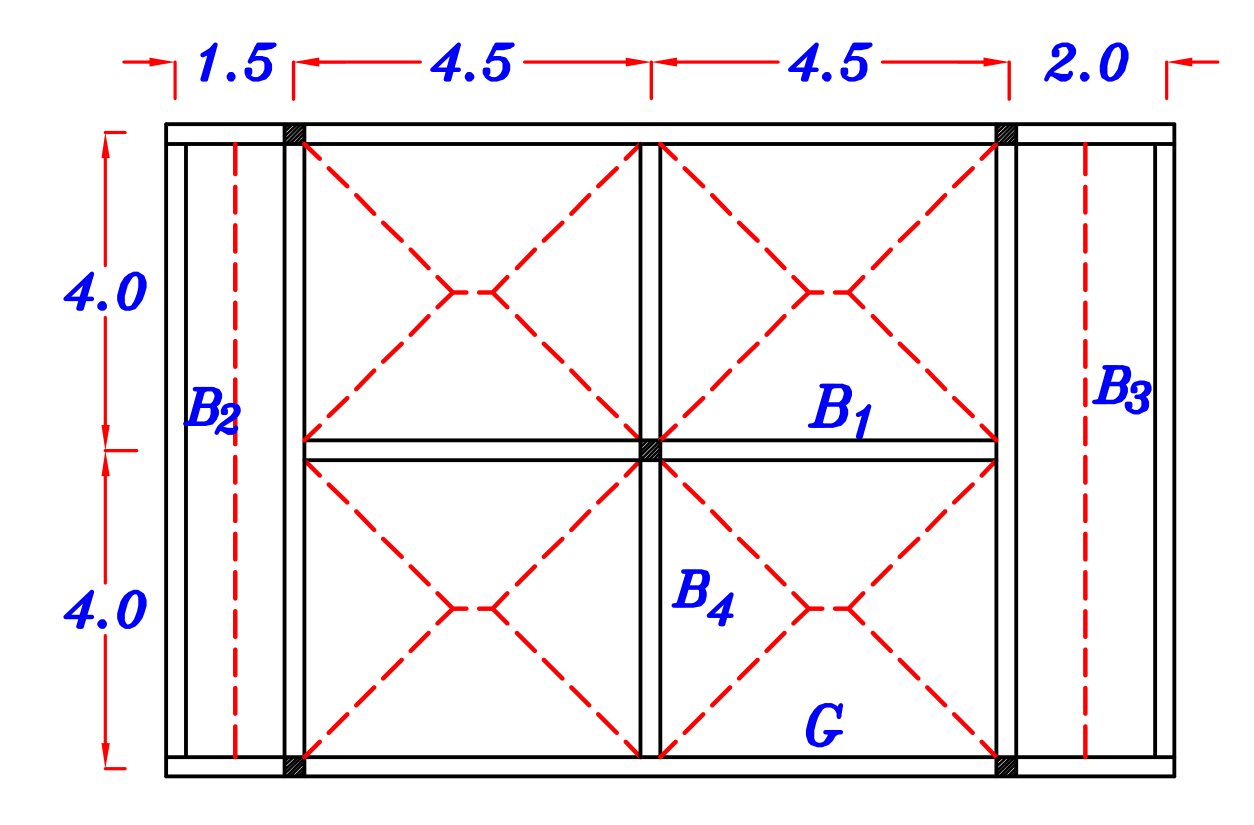
Take o.w. (beam) = 3.0 kN\m` (Working)

Take o.w. (girder) = 6.0 kN\m` (Working)

$g_s = t_s * \gamma_c + F.C. = 0.14 * 25 + 1.5 = 5.0$ kN\m^2

$p_s = L.L. = 3.0$ kN\m^2

$w_s = t_s * \gamma_c + F.C. + L.L. = 0.14 * 25 + 1.5 + 3.0 = 8.0$ kN\m^2



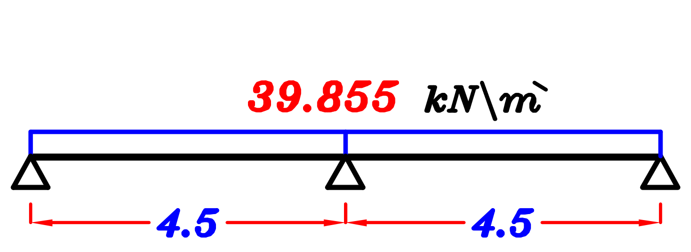
$\underline{\underline{B_1}}$

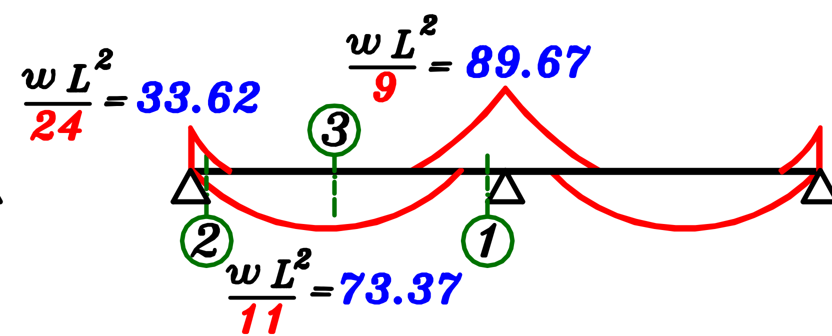
$$C_e = 1 - \frac{1}{3}\left(\frac{L_s}{L}\right)^2 = 1 - \frac{1}{3}\left(\frac{4.0}{4.5}\right)^2 = 0.7366$$

$$w_e = o.w. + 2\ C_e\ w_s\ \frac{L_s}{2}$$

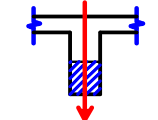
$$= 3.0 + 2\,(0.7366)\,(8.0)\left(\frac{4.0}{2}\right) = 26.57\ kN\backslash m'$$

$$(w_e)_{U.L.} = 1.5 * 26.57 = 39.855\ kN\backslash m'$$

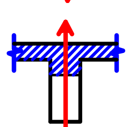




Sec. ① $M_{U.L.} =$ 89.67 kN.m R–Sec.



Sec. ③ $M_{U.L.} =$ 73.37 kN.m T–Sec.



$\because M_T < 2\ M_R \quad \therefore$ Design R–Sec. at First.

Sec. ① $M_{U.L.} = 89.67$ kN.m R−Sec.

- Take $C_1 = 3.50 \longrightarrow J = 0.78$

- Get $d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} = 3.50 \sqrt{\frac{89.67 * 10^6}{25 * 250}} = 419.2$ mm

- Take $d = 450$ mm , $t = 500$ mm

- Get $A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{89.67 * 10^6}{0.78 * 360 * 419.2} = 761.78\ mm^2$

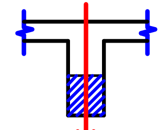
- Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 761.78\ mm^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 450 = 351.5\ mm^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d$ $\therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 761.78\ mm^2$ **7 ϕ12**

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{250 - 25}{12 + 25} = 6.08 = 6.0 \text{ bars}$$

Sec. ② $M_{U.L.} = 33.62$ kN.m R−Sec.



Take $d = 0.45$ m (The same d of Sec. ①)

$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}}$ $\therefore 450 = C_1 \sqrt{\frac{33.62 * 10^6}{25 * 250}} \longrightarrow C_1 = 6.13$

- From Charts. $C_1 = 6.13 > 4.85 \longrightarrow J = 0.826$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{33.62 * 10^6}{0.826 * 360 * 450} = 251.25\ mm^2$$

Check $A_{s_{min.}}$ $\qquad A_{s_{req.}} = 251.25\ mm^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 450 = 351.5\ mm^2$$

$\therefore \mu_{min.}\, b\, d > A_{s_{req.}} \xrightarrow{Use} A_{s_{min.}}$

$$A_{s_{min.}} = 0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 450 = 351.5$$

$$1.3\, A_{s_{req.}} = 1.3 * 251.25 = 326.6$$

الأقل $= 326.6$

st. 360/520 $\qquad \frac{0.15}{100}\, b\, d = \frac{0.15}{100} * 250 * 450 = 168.7$

الأكبر $= 326.6\ mm^2$

3 Ø 12

Sec. ③

$M_{U.L.} = 73.37\ kN\backslash m \qquad$ T-Sec.

Take $d = 0.45\ m$ (The same d of Sec. ①)

$$B = \begin{cases} C.L. - C.L. = 4.0\ m = 4000\ mm \\ 16\, t_s + b = 16 * 140 + 250 = 2490\ mm \\ K\, \frac{L}{5} + b = 0.8 * \frac{4500}{5} + 250 = 970\ mm \end{cases}$$

$B = 970\ mm$

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} \qquad \therefore 450 = C_1 \sqrt{\frac{73.37 * 10^6}{25 * 970}} \longrightarrow C_1 = 8.18$$

– From Charts. $C_1 = 8.18 > 4.85 \longrightarrow J = 0.826$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{73.37 * 10^6}{0.826 * 360 * 450} = 548\ mm^2$$

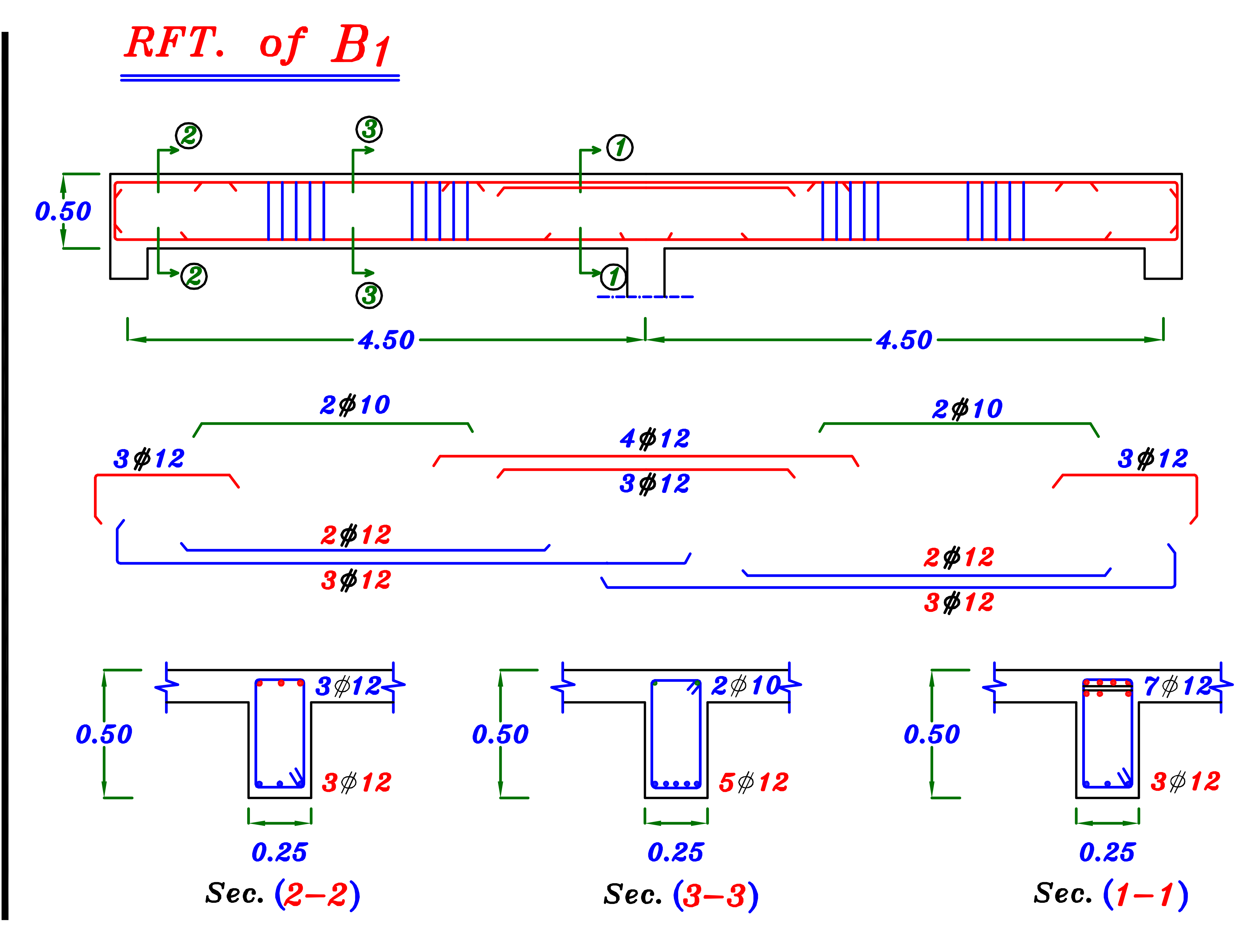
– **Check $A_{s_{min.}}$** $\qquad A_{s_{req.}} = 548\ mm^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 450 = 351.5\ mm^2$$

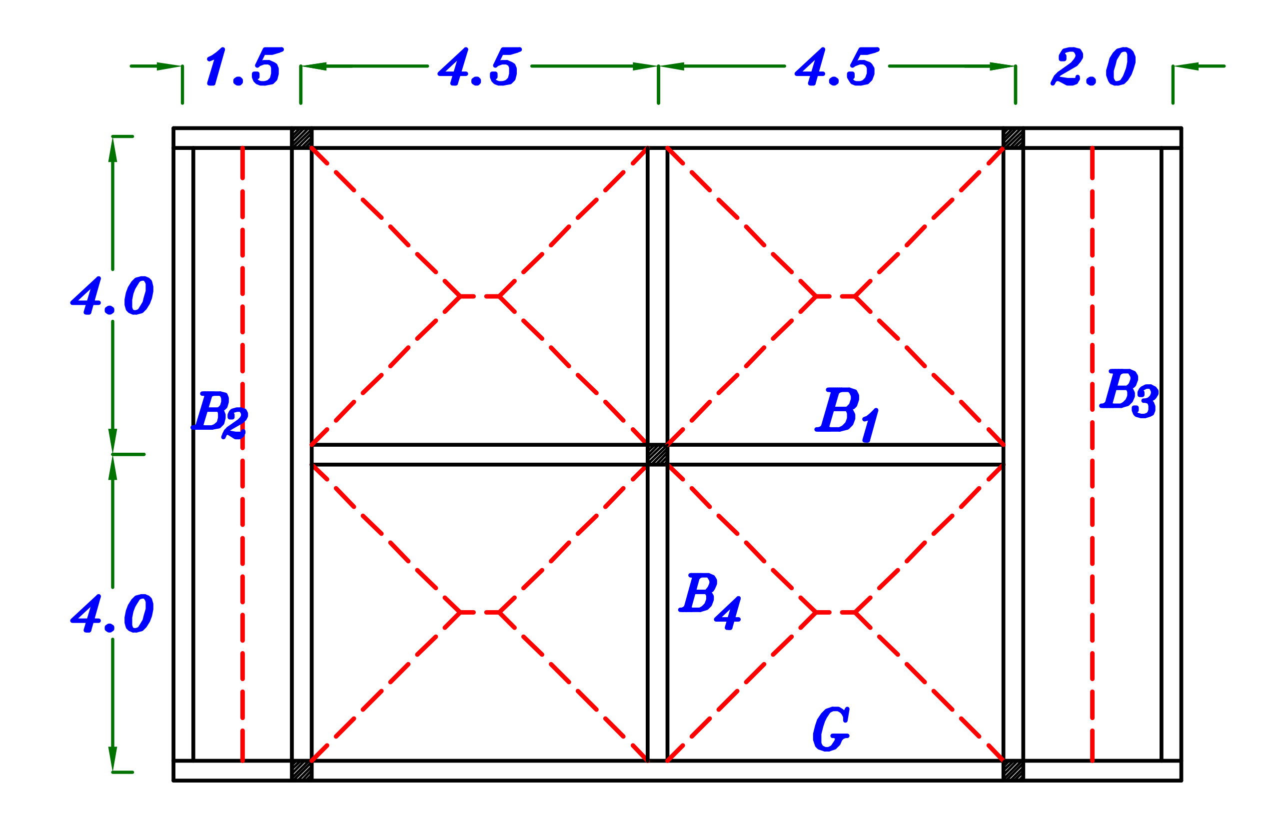
$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d \quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 548.0\ mm^2$ **5 Ø 12**

Stirrup Hangers $= (0.1 \rightarrow 0.2)\, A_s = (0.1 \rightarrow 0.2)\, 548$ **2 Ø 10**

RFT. of B_1



0.50
4.50
4.50
2ϕ10
2ϕ10
3ϕ12
4ϕ12
3ϕ12
3ϕ12
2ϕ12
3ϕ12
2ϕ12
3ϕ12
3ϕ12
0.50
0.25
Sec. (2−2)
2ϕ10
5ϕ12
0.50
0.25
Sec. (3−3)
7ϕ12
3ϕ12
0.50
0.25
Sec. (1−1)



$\underline{B_2}$

$$g_a = o.w. + g_s \frac{L_s}{2} = 3.0 + (5.0)\left(\frac{1.5}{2}\right) = 6.75 \text{ kN\m}$$

$$p_a = p_s \frac{L_s}{2} = (3.0)\left(\frac{1.5}{2}\right) = 2.25 \text{ kN\m}$$

$$w_a = g_a + p_a = 6.75 + 2.25 = 9.0 \text{ kN\m}$$

$$R_2 = g_a * \frac{L}{2} = 6.75 * \frac{8}{2} = 27.0 \text{ kN} \text{ ------ D.L.}$$

$$= w_a * \frac{L}{2} = 9.0 * \frac{8}{2} = 36.0 \text{ kN} \text{ ------ T.L.}$$

6.75 kN\m` D.L.
$R_2 = 27.0$
8.0

9.0 kN\m` T.L.
$R_2 = 36.0$
8.0

$\underline{B_3}$

$$g_a = o.w. + g_s \frac{L_s}{2} = 3.0 + (5.0)\left(\frac{2.0}{2}\right) = 8.0 \text{ kN\m}$$

$$p_a = p_s \frac{L_s}{2} = (3.0)\left(\frac{2.0}{2}\right) = 3.0 \text{ kN\m}$$

$$w_a = g_a + p_a = 8.0 + 3.0 = 11.0 \text{ kN\m}$$

$$R_3 = g_a * \frac{L}{2} = 8.0 * \frac{8}{2} = 32.0 \text{ kN} \text{ ------ D.L.}$$

$$= w_a * \frac{L}{2} = 11.0 * \frac{8}{2} = 44.0 \text{ kN} \text{ ------ T.L.}$$

8.0 kN\m` D.L.
$R_3 = 32.0$
8.0

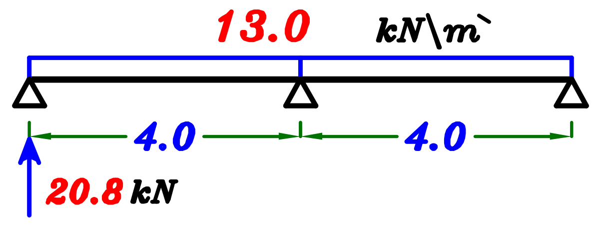
11.0 kN\m` T.L.
$R_3 = 44.0$
8.0

B_4 $\quad C_a = \frac{1}{2}$ For Triangle.

$$g_a = o.w. + 2\,C_a\,(g_s)\,\frac{L_s}{2} = 3.0 + 2\left(\frac{1}{2}\right)(5.0)\left(\frac{4.0}{2}\right) = 13.0 \quad kN\backslash m`$$

$$p_a = 2\,C_a\,(p_s)\,\frac{L_s}{2} = 2\left(\frac{1}{2}\right)(3.0)\left(\frac{4.0}{2}\right) = 6.0 \quad kN\backslash m`$$

$$w_a = g_a + p_a = 13.0 + 6.0 = 19.0 \quad kN\backslash m`$$



D.L.

$$R_4 = 0.40\ g_a\ L = 0.40\ (13.0)(4.0) = 20.8 \quad kN$$

19.0 kN\m`

4.0 4.0

30.4 kN

T.L.

$$R_4 = 0.40\ w_a\ L = 0.40\ (19.0)(4.0) = 30.4 \quad kN$$

G

R2 R4 R3

o.w. o.w.

1.5 4.5 4.5 2.0

w_1

$$\frac{\sum area}{span} = \frac{2\left(\frac{4.5+0.5}{2}\right)(2.0)}{9.0} = 1.1$$

R2 R4 R3

o.w. w_1 o.w.

1.5 4.5 4.5 2.0

$$g_1 = o.w. + \frac{\sum area}{span} * g_s$$

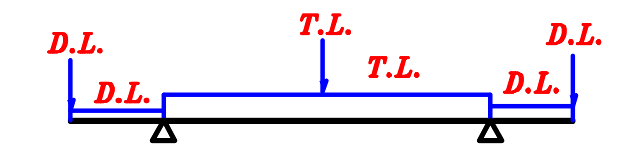
$$= 6.0 + (1.1)(5.0)$$

$$= 11.5 \quad kN\backslash m`$$

$$p_1 = \frac{\sum area}{span} * p_s = (1.1)(3.0) = 3.30 \quad kN\backslash m`$$

$$w_1 = g_1 + p_1 = 11.5 + 3.30 = 14.8 \quad kN\backslash m`$$

1- max. +Ve B.M.D. (U.L.)



0.9(27)=24.3 kN

0.9(6.0)=5.4 kN\m`

1.5(30.4)=45.6 kN

1.5(14.8)=22.2 kN\m`

0.9(32)=28.8 kN

0.9(6.0)=5.4 kN\m`

1.5 | 4.5 | 4.5 | 2.0

152.225 kN

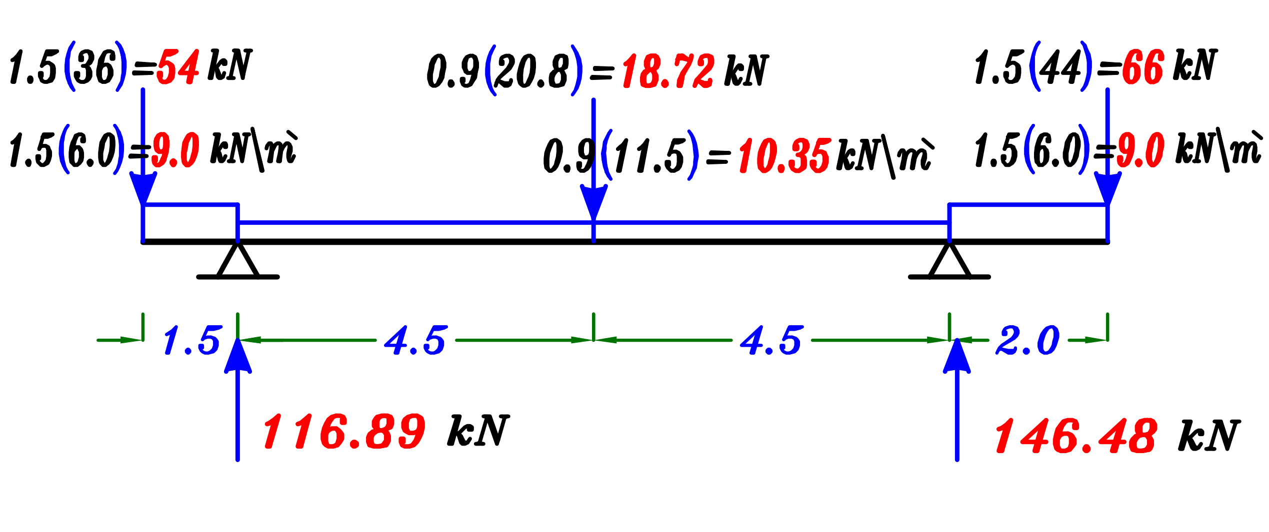
165.175 kN

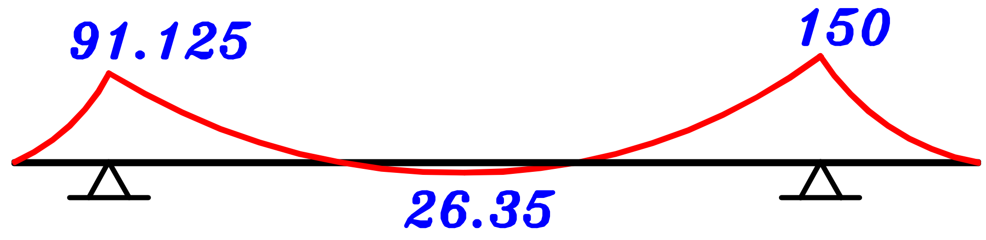
42.525

68.4

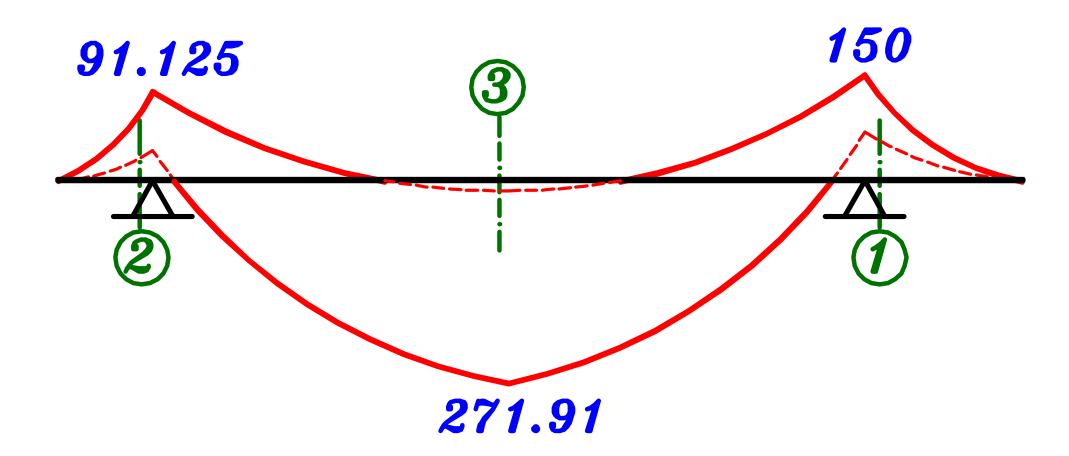
271.91

2- max. -Ve B.M.D. (U.L.)





max.–max. B.M.D. (U.L.)



Sec. ① $M_{U.L.} = 150$ kN.m R–Sec.

Sec. ③ $M_{U.L.} = 271.91$ kN.m L–Sec.

$\because M_T < 2\, M_R \quad \therefore$ Design R–Sec. at First.

Sec. ①

$M_{U.L.} = 150$ kN.m R–Sec.

– Take $C_1 = 3.50 \longrightarrow J = 0.78$

– Get $d = C_1 \sqrt{\dfrac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} = 3.50 \sqrt{\dfrac{150 * 10^6}{25 * 250}} = 542.2$ mm

– Take **d = 550 mm** , **t = 600 mm**

– Get $A_S = \dfrac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \dfrac{150 * 10^6}{0.78 * 360 * 542.2} = 985.2\ mm^2$

– Check $A_{s_{min.}}$ $\quad A_{s_{req.}} = 985.2\ mm^2$

$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \dfrac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \dfrac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 550 = 429.7\ mm^2$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d \quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 985.2\ mm^2$ **5 Ø16**

$\therefore n = \dfrac{b - 25}{\phi + 25} = \dfrac{250 - 25}{16 + 25} = 5.48 = 5.0$ bars

Sec. ② $M_{U.L.} = 91.125$ kN.m R−Sec.

Take $d = 0.55$ m (The same d of Sec. ①)

$\because d = C_1 \sqrt{\dfrac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}}$ $\therefore 550 = C_1 \sqrt{\dfrac{91.125 * 10^6}{25 * 250}} \longrightarrow C_1 = 4.55$

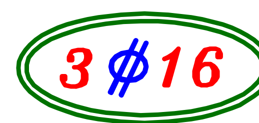
– From Charts. $C_1 = 4.55 \longrightarrow J = 0.819$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{91.125 * 10^6}{0.819 * 360 * 550} = 561.94 \text{ mm}^2$$

– Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 561.94$ mm²

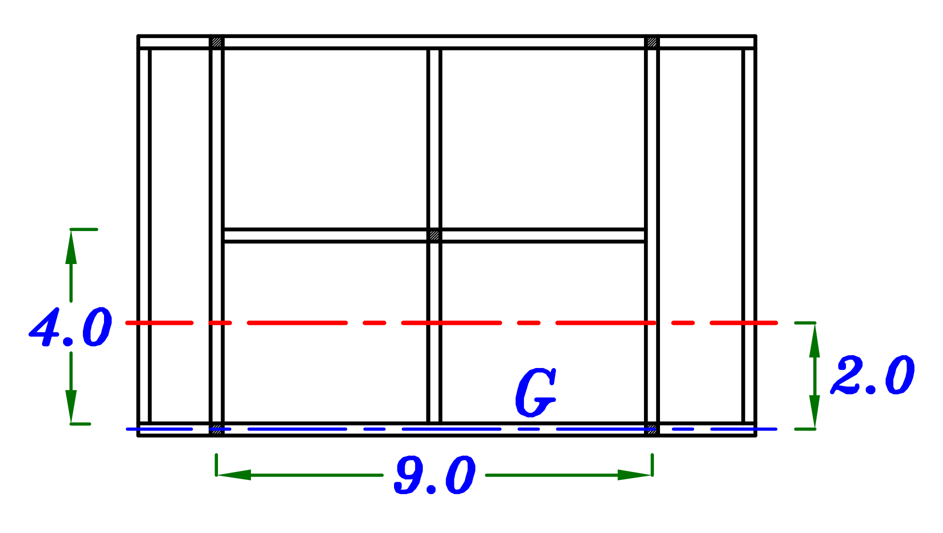
$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 550 = 429.7 \text{ mm}^2$$

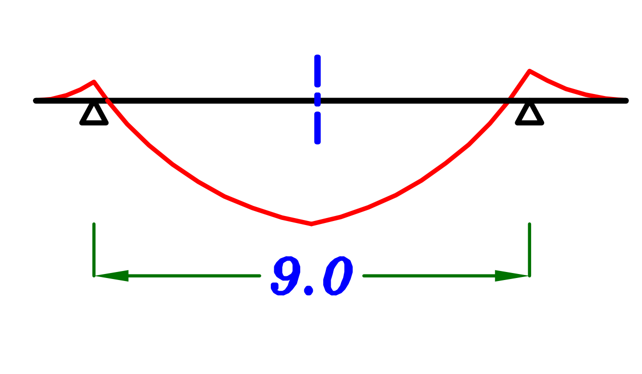
$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d$ $\therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 561.94$ mm²



Sec. ③ $M_{U.L.} = 271.91$ kN.m L−Sec.

Take $d = 0.55$ m (The same d of Sec. ①)





$$B = \begin{cases} C.L.-C.L. = 2.0 \text{ m} = 2000 \text{ mm} \\ 6\, t_s + b = 6 * 140 + 250 = 1090 \text{ mm} \\ K \dfrac{L}{5} + b = 0.7 * \dfrac{9000}{10} + 250 = 880 \text{ mm} \end{cases}$$

B = 880 mm

$$\because \; d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} \quad \therefore \; 550 = C_1 \sqrt{\frac{271.91 * 10^6}{25 * 880}} \longrightarrow C_1 = 4.94$$

- From Charts. $C_1 = 4.94 \longrightarrow J = 0.826$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{271.91 * 10^6}{0.826 * 360 * 550} = 1662.5 \; mm^2$$

- <u>Check $A_{s_{min.}}$</u> $\quad A_{s_{req.}} = 1662.5 \; mm^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 550 = 429.7 \; mm^2$$

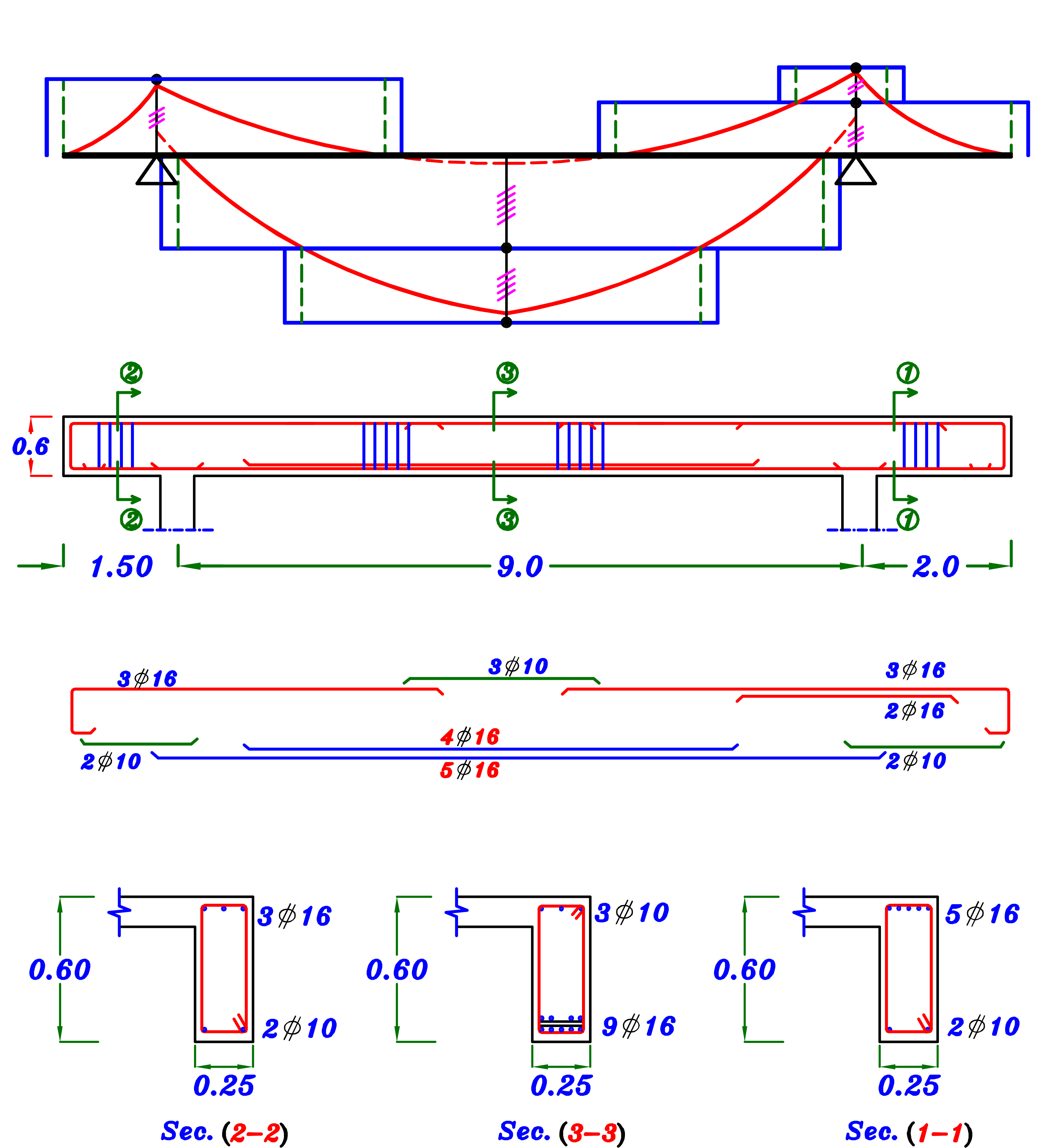
$$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d \quad \therefore \text{Take } A_s = A_{s_{req.}} = 1662.5 \; mm^2$$

9 ϕ 16

Stirrup Hangers $= (0.1 \rightarrow 0.2)\, A_s = (0.1 \rightarrow 0.2)\; 1662.5$

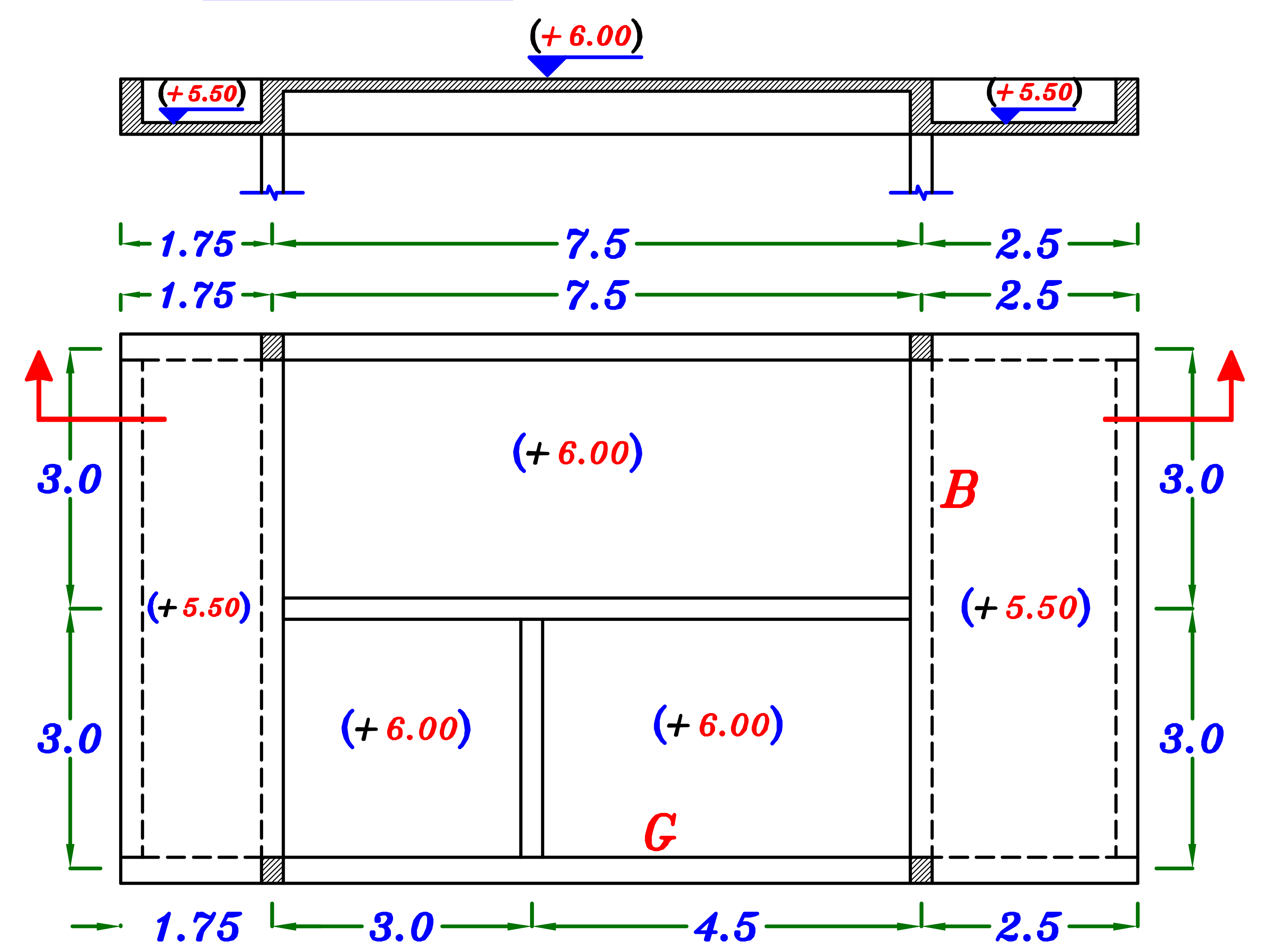
4 ϕ 10

RFT. of G



0.6
1.50
9.0
2.0
3ϕ16
3ϕ10
3ϕ16
2ϕ16
4ϕ16
2ϕ10
5ϕ16
2ϕ10
0.60
3ϕ16
2ϕ10
0.25
Sec. (2-2)
0.60
3ϕ10
9ϕ16
0.25
Sec. (3-3)
0.60
5ϕ16
2ϕ10
0.25
Sec. (1-1)

Example.



Data.

$t_s = 140\ mm$

$F.C. = 2.0\ kN\backslash m^2$, $L.L. = 2.0\ kN\backslash m^2$

b (Girder) $= 300\ mm$, b (Beams) $= 250\ mm$

$F_{cu} = 25\ kN\backslash m^2$, $F_y = 360\ kN\backslash m^2$

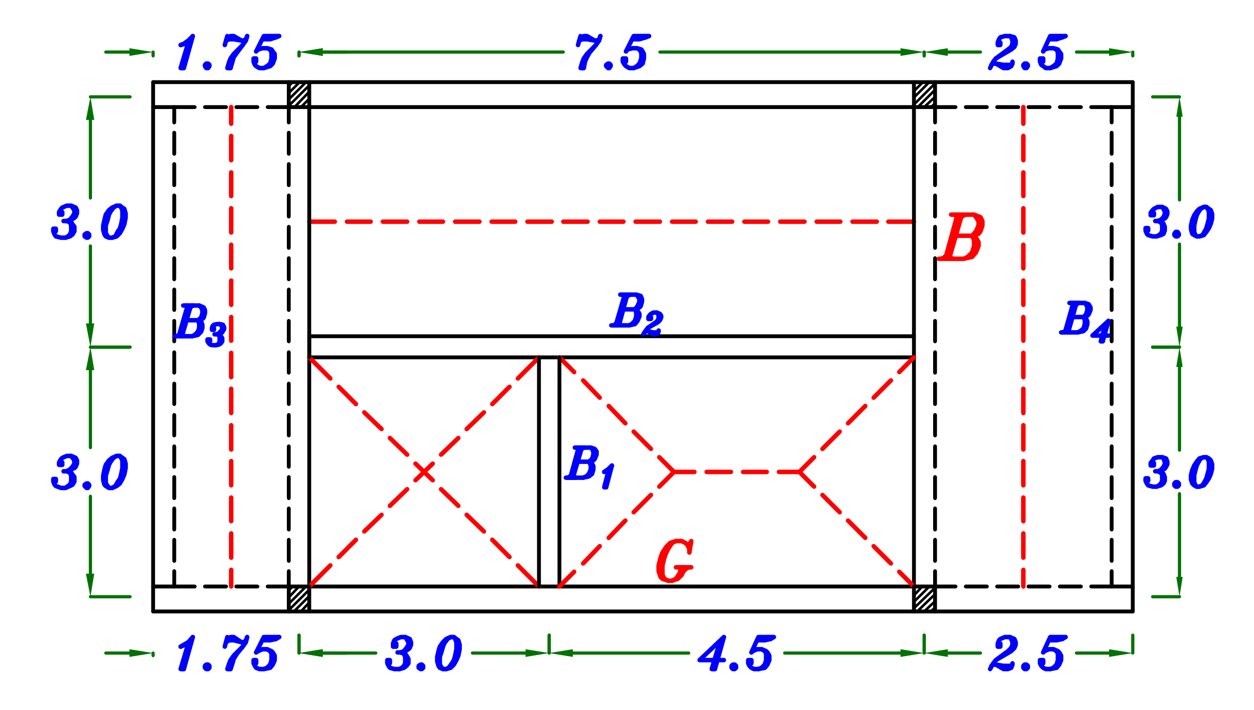
Req.

For the Following structural Plan. It is required:

1- Draw Absolute B.M.D. and S.F.D. For beam B & girder G

2- Design the critical sections For beam B & girder G For bending.

3- Draw details of RFT. For beam B & girder G in elevation to scale 1:25 & Cross sec. to scale 1:10 Curtailment of steel using Moment of resistance.



Take O.W. (Beams) = 3.0 kN\m`

O.W. (Girder) = 5.0 kN\m`

g_s , p_s

$g_s = t_s * \gamma_c + F.C. = 0.14 * 25 + 2.0 = 5.50$ kN\m²

$p_{sh} = L.L. = 2.0$ kN\m²

$g_s = 5.50$ kN\m² , $p_s = 2.0$ kN\m²

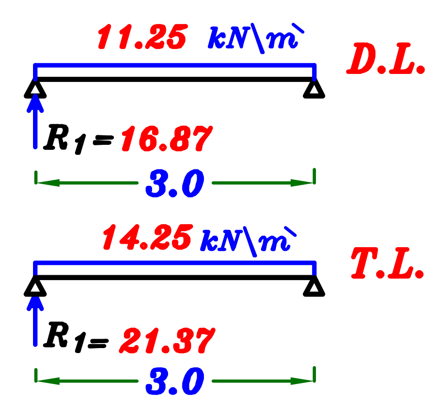
B_1 Load For Shear.

For Triangle $C_a = \frac{1}{2}$

$g_a = O.W. + 2\, C_a\, g_s \frac{L_s}{2} = 3.0 + 2\left(\frac{1}{2}\right)(5.50)\left(\frac{3.0}{2}\right) = 11.25$ kN\m`

$p_a = 2\, C_a\, p_s \frac{L_s}{2} = 2\left(\frac{1}{2}\right)(2.0)\left(\frac{3.0}{2}\right) = 3.0$ kN\m`

$w_a = g_a + p_a = 11.25 + 3.0 = 14.25$ kN\m`



R_1 = 16.87 kN------ D.L.

= 21.37 kN------ T.L.

B_2

$$\frac{\sum area}{span} = \frac{\left(\frac{4.5+1.5}{2}\right)(1.5) + \left(\frac{1}{2}(3)(1.5)\right)}{7.5} = 0.90$$

$$g_a = O.W. + g_s \frac{L_s}{2} + \frac{\sum area}{span} * g_s$$

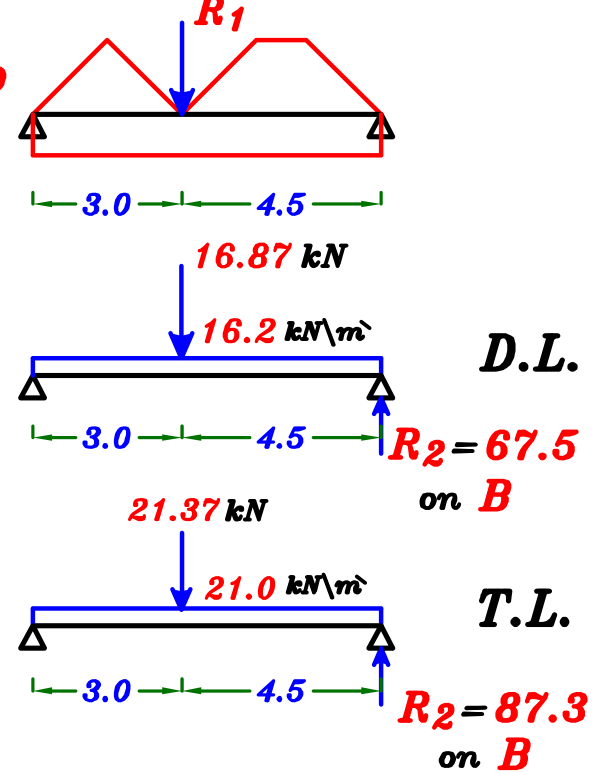
$$= 3.0 + (5.50)\left(\frac{3.0}{2}\right) + (0.90)(5.50) = 16.2 \ kN\backslash m'$$

$$p_a = p_s \frac{L_s}{2} + \frac{\sum area}{span} * p_s$$

$$= (2.0)\left(\frac{3.0}{2}\right) + (0.90)(2.0) = 4.80 \ kN\backslash m'$$

$$w_a = g_a + p_a = 16.2 + 4.80 = 21 \ kN\backslash m'$$

R_2 = 67.5 kN ----- D.L.
= 87.3 kN ----- T.L.



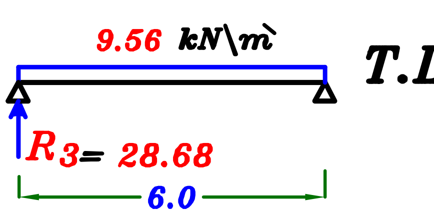
B_3 Load For Shear.

$$g_a = O.W. + g_s \frac{L_s}{2} = 3.0 + (5.50)\left(\frac{1.75}{2}\right) = 7.81 \ kN\backslash m'$$

$$p_a = p_s \frac{L_s}{2} = (2.0)\left(\frac{1.75}{2}\right) = 1.75 \ kN\backslash m'$$

$$w_a = g_a + p_a = 7.81 + 1.75 = 9.56 \ kN\backslash m'$$

R_3 = 23.43 kN ----- D.L.
= 28.68 kN ----- T.L.



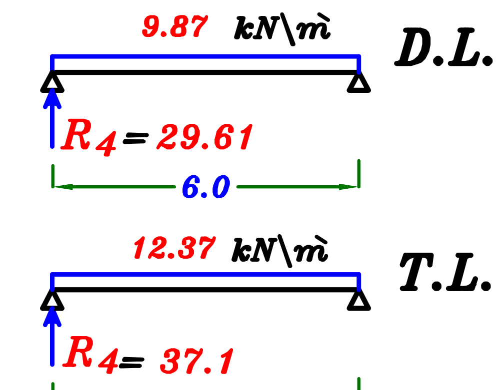
B_4 Load For Shear.

$$g_a = O.W. + g_s \frac{L_s}{2} = 3.0 + (5.50)\left(\frac{2.50}{2}\right) = 9.87 \ kN\backslash m'$$

$$p_a = p_s \frac{L_s}{2} = (2.0)\left(\frac{2.50}{2}\right) = 2.50 \ kN\backslash m'$$

$$w_a = g_a + p_a = 9.87 + 2.50 = 12.37 \ kN\backslash m'$$

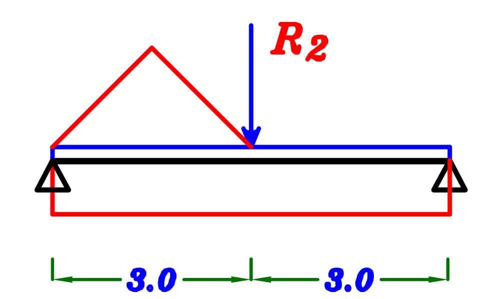
R_4 = 29.61 kN ----- D.L.
= 37.1 kN ----- T.L.





∵ The Beam is simply supported.

∴ We have one case of loading. T.L. only.



$$\frac{\sum area}{span} = \frac{\left(\frac{1}{2}(3)(1.5)\right)}{6.0} = 0.375$$

Load For Shear. = Load For Moment.

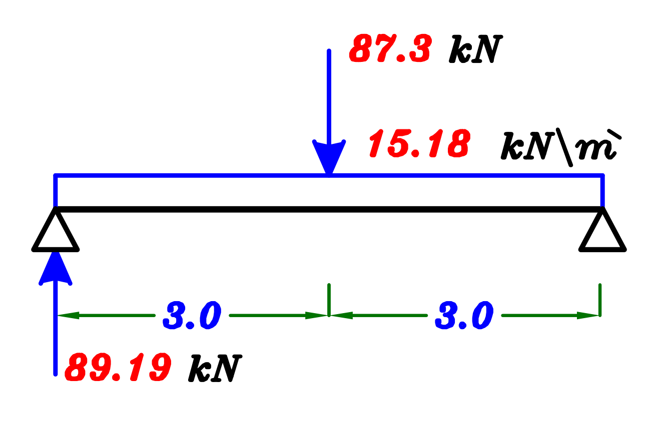
$$g_a = g_e = O.W. + g_s \frac{L_s}{2} + \frac{\sum area}{span} * g_s$$

$$= 3.0 + (5.50)\left(\frac{2.5}{2}\right) + (0.375)(5.50) = 11.93 \text{ kN\m`}$$

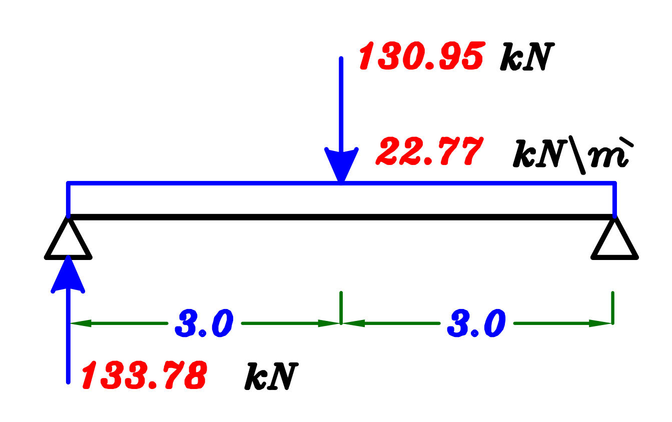
$$p_a = p_e = p_s \frac{L_s}{2} + \frac{\sum area}{span} * p_s$$

$$= (2.0)\left(\frac{2.5}{2}\right) + (0.375)(2.0) = 3.25 \text{ kN\m`}$$

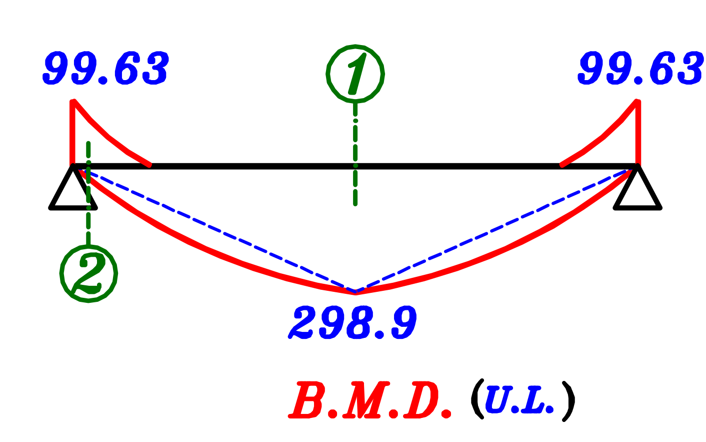
$$w_a = w_e = g_a + p_a = 11.93 + 3.25 = 15.18 \text{ kN\m`}$$



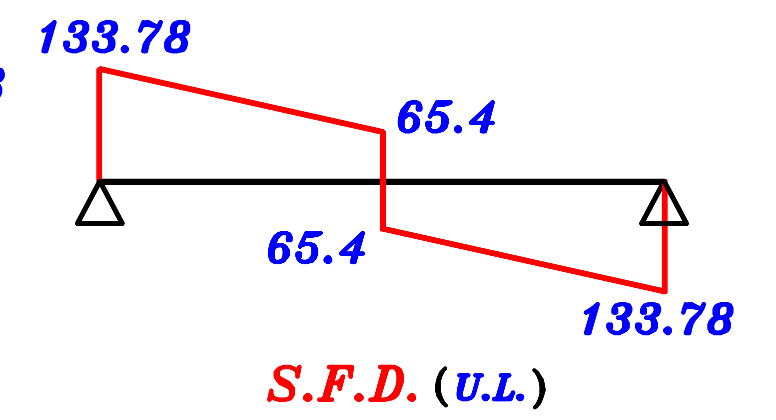
working Loads



U.L. Loads



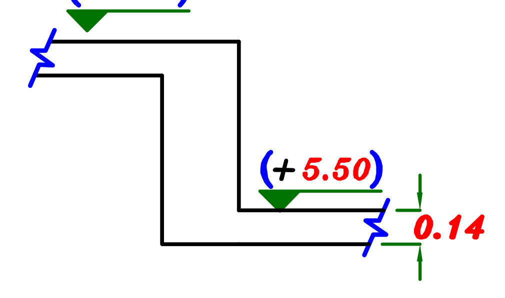
B.M.D. (U.L.)



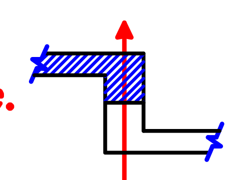
S.F.D. (U.L.)

$t = (6.0 - 5.5) + 0.14 = 0.64\ m = 640\ mm$

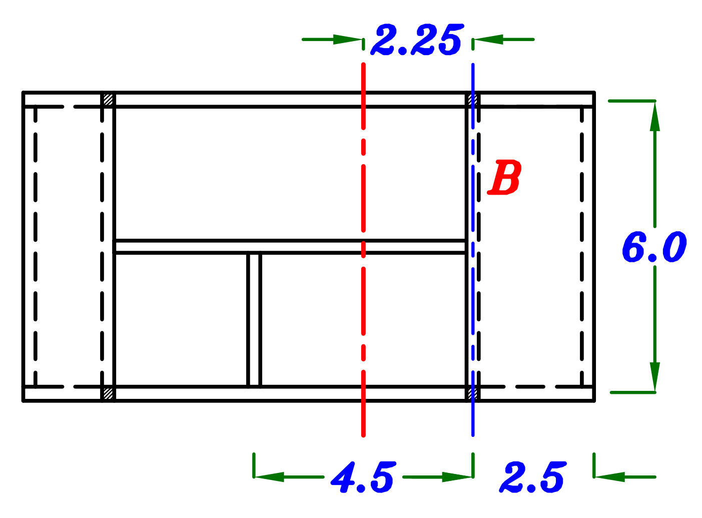
$d = t - 50\ mm = 590\ mm$

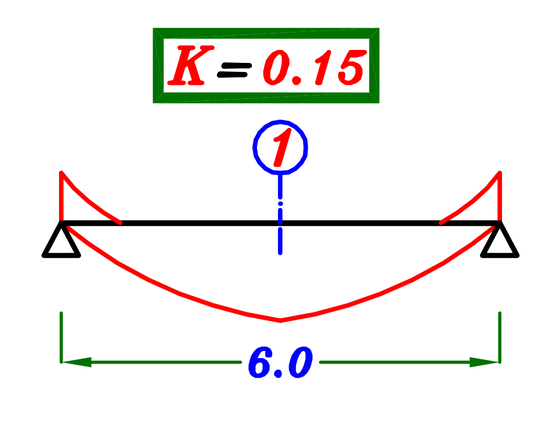


Sec. ① $M_{U.L.} = 298.9\ kN.m$ L−Sec.



Take $d = 0.59\ m$ (as given in Data.)





$$B = \begin{cases} C.L. - C.L. = \dfrac{4500}{2} = 2250\ mm \\ 6\ t_s + b = 6 * 140 + 250 = 1090\ mm \\ K\dfrac{L}{10} + b = 1.0 * \dfrac{6000}{10} + 250 = 850\ mm \end{cases}$$

$B = 850\ mm$

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\ B}} \quad \therefore 590 = C_1 \sqrt{\frac{298.9 * 10^6}{25 * 850}} \longrightarrow C_1 = 4.97 \longrightarrow J = 0.826$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\ F_y\ d} = \frac{298.9 * 10^6}{0.826 * 360 * 590} = 1704\ mm^2$$

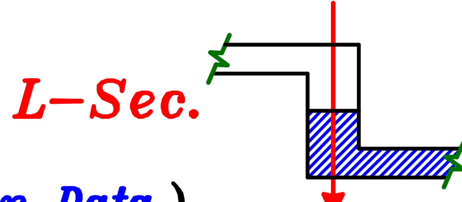
- **Check $A_{s_{min.}}$** $\quad A_{s_{req.}} = 1704\ mm^2$

$$\mu_{min.}\ b\ d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\ d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 590 = 460.9\ mm^2$$

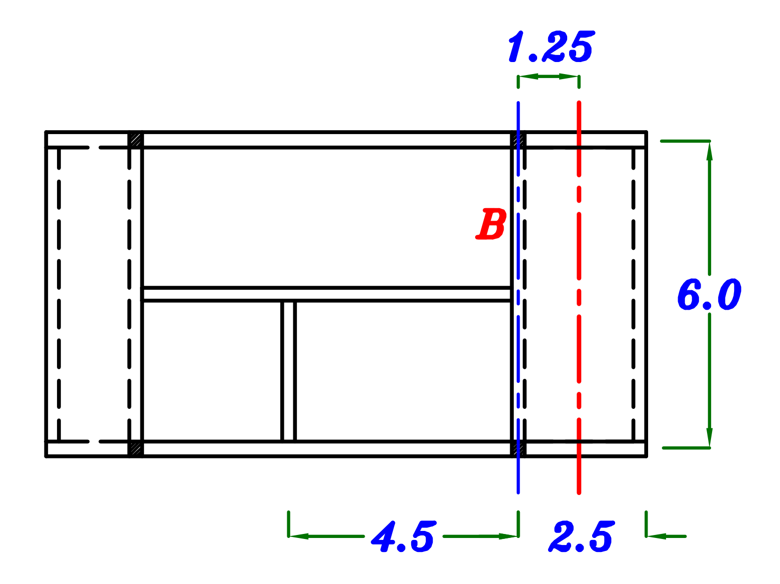
$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\ b\ d \quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 1704\ mm^2$ **$9 \phi 16$**

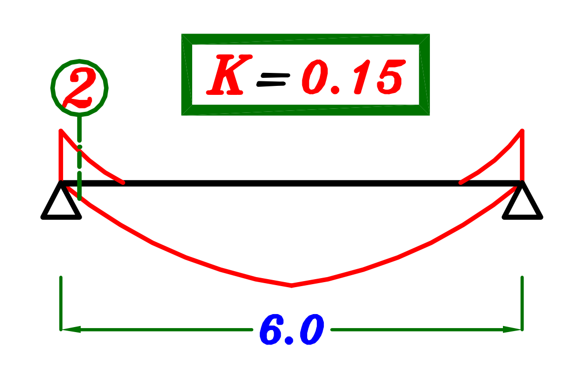
$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{350 - 25}{16 + 25} = 5.48 = 5.0\ \text{bars}$$

Sec. ② $M_{U.L.} = 99.63$ kN.m   L−Sec.



Take $d = 0.59$ m (as given in Data.)





$$B = \begin{cases} C.L.-C.L. = \frac{2500}{2} = 1250 \text{ mm} \\ 6\, t_s + b = 6 * 140 + 250 = 1090 \text{ mm} \\ K \frac{L}{10} + b = 0.15 * \frac{6000}{10} + 250 = 340 \text{ mm} \end{cases}$$

B = 340 mm

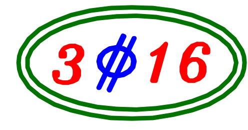
$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} \quad \therefore 590 = C_1 \sqrt{\frac{99.63 * 10^6}{25 * 340}} \longrightarrow C_1 = 5.45 \longrightarrow J = 0.826$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{99.63 * 10^6}{0.826 * 360 * 590} = 567.8 \text{ mm}^2$$

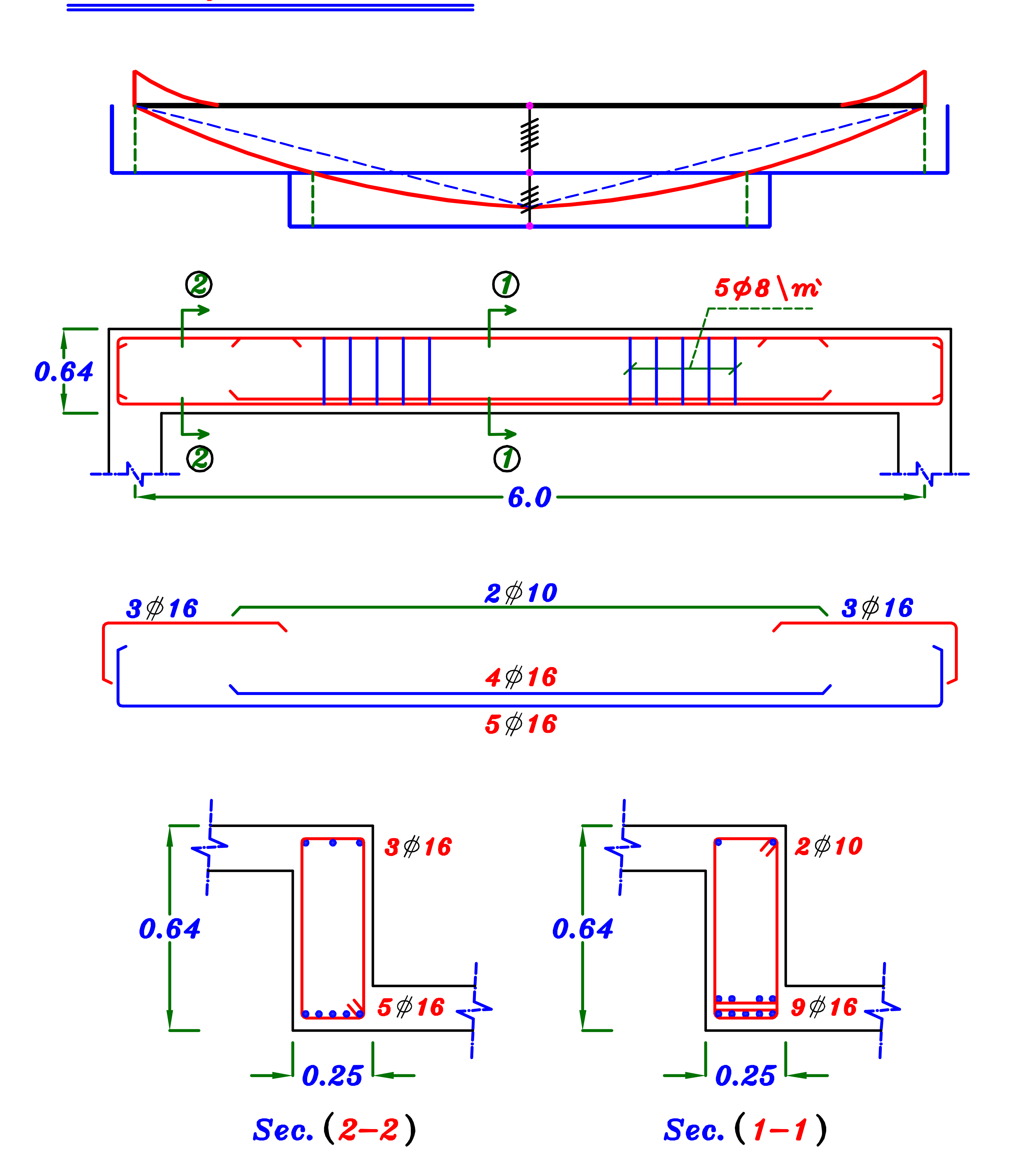
– Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 567.8$ mm^2

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 590 = 460.9 \text{ mm}^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d$ $\therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 567.8$ mm^2



RFT. of Beam. ((B))



2
1
5 Φ8 \m`
0.64
2
1
6.0
3 Φ16
2 Φ10
3 Φ16
4 Φ16
5 Φ16
3 Φ16
0.64
5 Φ16
0.25
Sec. (2–2)
2 Φ10
0.64
9 Φ16
0.25
Sec. (1–1)

Loads on the Girder. ((G))

w_1

$$\frac{\sum area}{span} = \frac{\left(\frac{4.5+1.5}{2}\right)(1.5) + \left(\frac{1}{2}(3)(1.5)\right)}{7.5} = 0.90$$

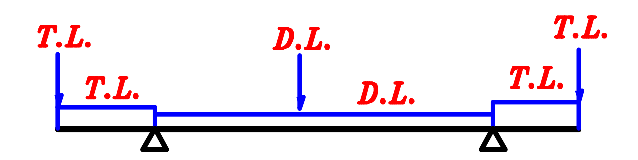
$$g_1 = o.w. + \frac{\sum area}{span} * g_s = 5.0 + (0.90)(5.50) = 9.95 \ kN\backslash m'$$

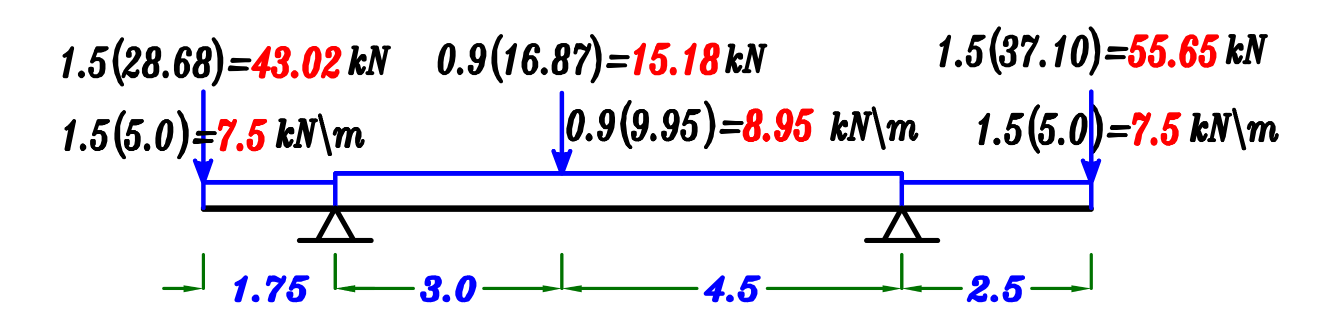
$$p_1 = \frac{\sum area}{span} * p_s = (0.90)(2.0) = 1.80 \ kN\backslash m'$$

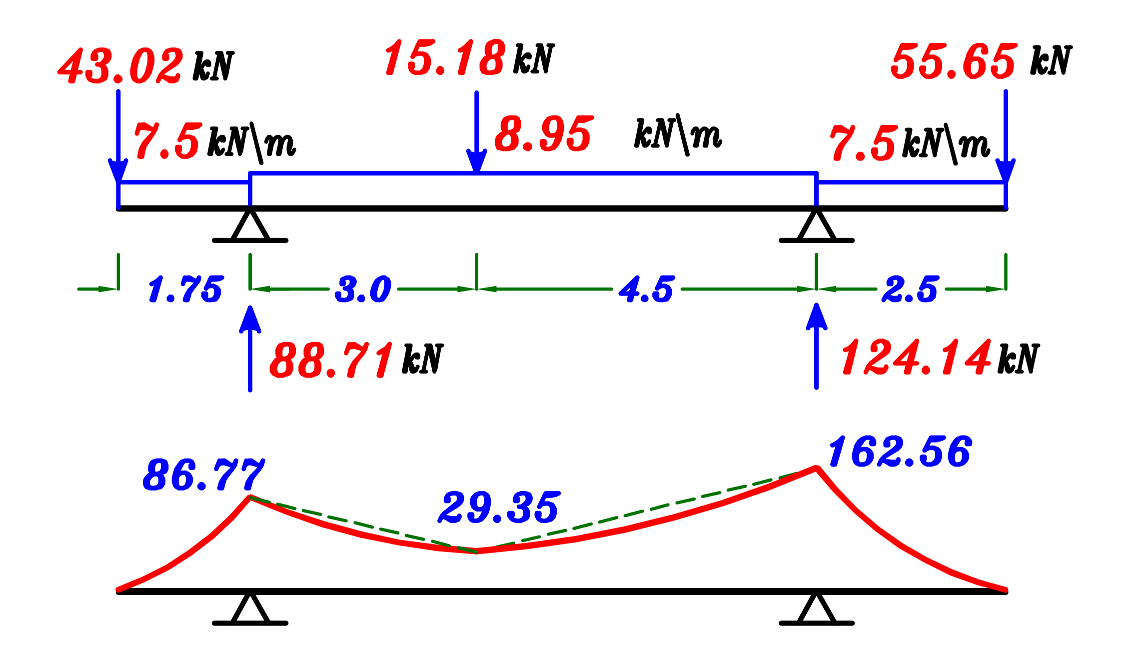
$$w_1 = g_1 + p_1 = 9.95 + 1.80 = 11.75 \ kN\backslash m'$$

1- max. +Ve B.M.D. (U.L.)

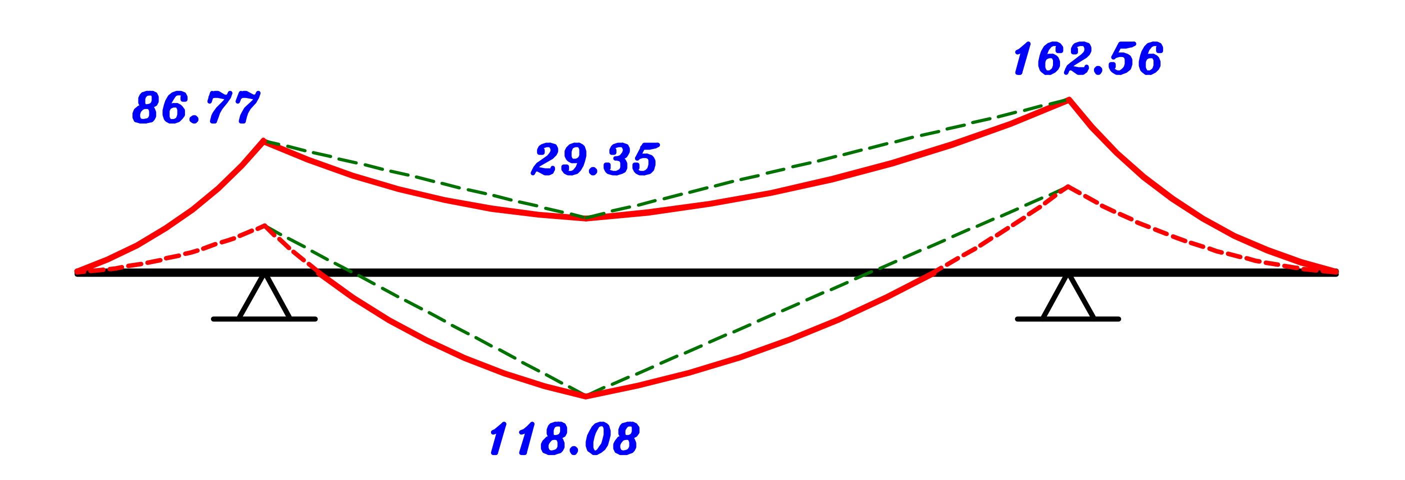
2- max. – Ve B.M.D. (U.L.)

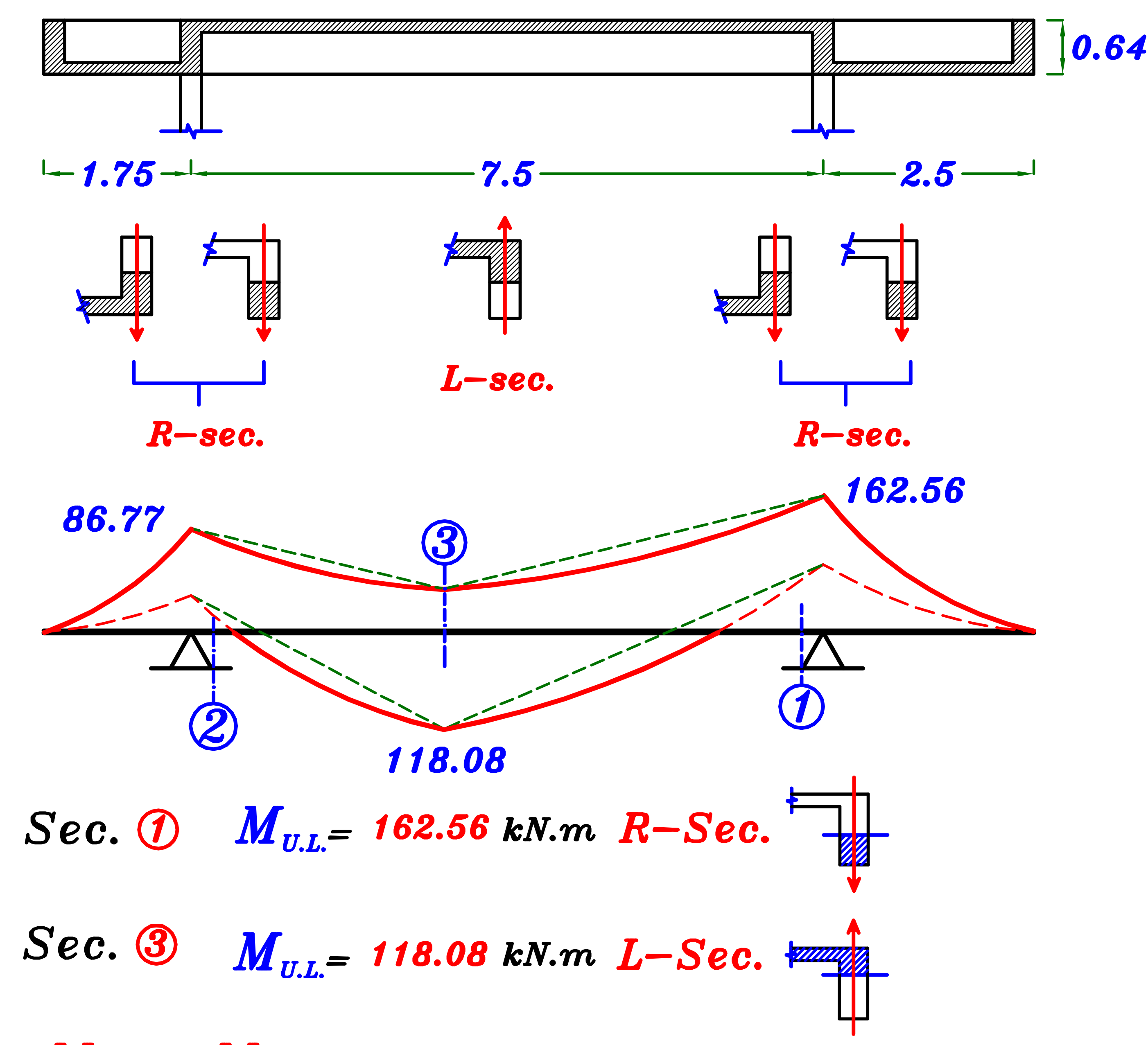






max.–max. B.M.D. (U.L.)





Sec. ① $M_{U.L.} =$ 162.56 kN.m R-Sec.

Sec. ③ $M_{U.L.} =$ 118.08 kN.m L-Sec.

$\because M_L < 2 M_R$ $\therefore$ Design R-Sec. at First

Sec. ① $M_{U.L.} =$ 162.56 kN.m R-Sec.

Take $d = 0.59$ m (as given in Data.)

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} \quad \therefore 590 = C_1 \sqrt{\frac{162.56 * 10^6}{25 * 300}} \rightarrow C_1 = 4.0 \rightarrow J = 0.803$$

$$\text{- Get } A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{162.56 * 10^6}{0.803 * 360 * 590} = 953.11 \text{ mm}^2$$

- **Check $A_{s_{min.}}$** $\qquad A_{s_{req.}} = 953.11 \ mm^2$

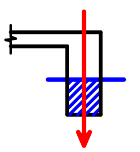
$$\mu_{min.} \, b \, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b \, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 300 * 590 = 553.1 \ mm^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min} b \, d \quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 953.11 mm^2$ $\qquad$ **9 ϕ12**

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{300 - 25}{12 + 25} = 7.43 = 7.0 \text{ bars}$$

Sec. ②

$M_{U.L.} = 86.77 \ kN.m \qquad$ R-Sec.



Take $d = 0.59 \ m$ (as given in Data.)

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu} \, b}} \quad \therefore 590 = C_1 \sqrt{\frac{86.77 * 10^6}{25 * 300}} \rightarrow C_1 = 5.48 \rightarrow J = 0.826$$

- **Get** $A_s = \dfrac{M_{U.L.}}{J \, F_y \, d} = \dfrac{86.77 * 10^6}{0.826 * 360 * 590} = 494.58 \ mm^2$

Check $A_{s_{min.}}$ $\qquad A_{s \, req.} = 494.58 \ mm^2$

$$\mu_{min.} \, b \, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b \, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 300 * 590 = 553.1 \ mm^2$$

$\therefore \mu_{min.} \, b \, d > A_{s_{req.}} \xrightarrow{\text{Use}} A_{s_{min.}}$

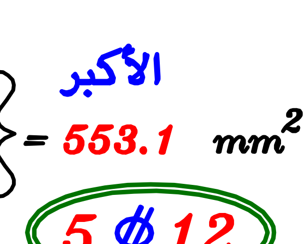
$A_{s_{min.}} = 0.225 * \dfrac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y} b \, d = \left(0.225 * \dfrac{\sqrt{25}}{360}\right) 300 * 590 = 553.1$

$1.3 \, A_{s_{req.}} = 1.3 * 494.58 = 642.95$

} الأقل $= 553.1$

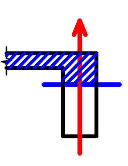
st. 360/520 $\qquad \dfrac{0.15}{100} b \, d = \dfrac{0.15}{100} * 300 * 590 = 265.5 mm^2$

} الأكبر $= 553.1 \ mm^2$

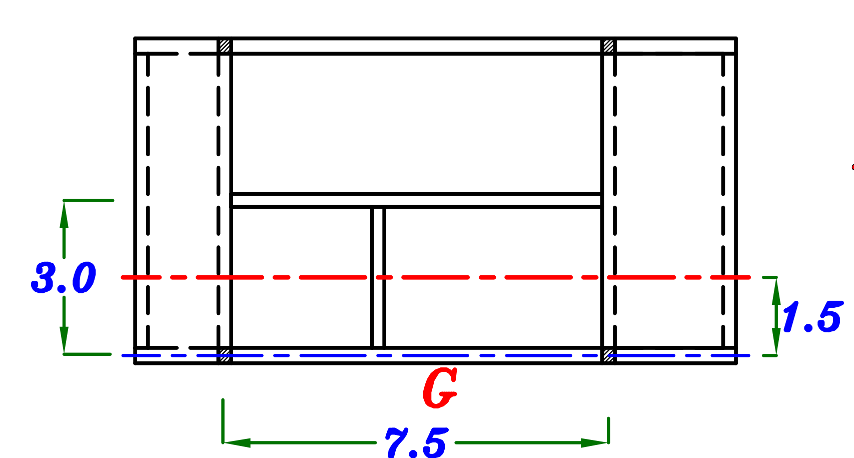


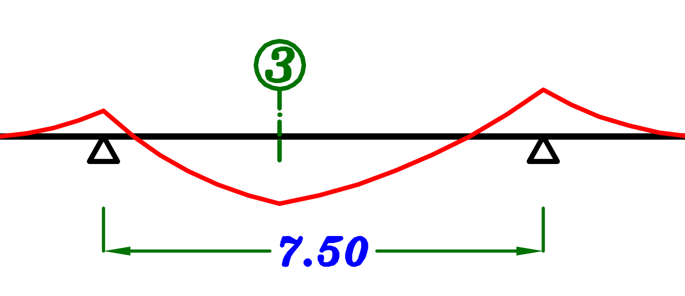
5 ϕ12

Sec. ③ $M_{U.L.} = 118.08$ kN.m L–Sec.



Take $d = 0.59$ m (as given in Data.)





$$B = \begin{cases} C.L. - C.L. = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ mm} \\ 6\, t_s + b = 6 * 140 + 300 = 1140 \text{ mm} \\ K \frac{L}{10} + b = 0.7 * \frac{7500}{10} + 300 = 825 \text{ mm} \end{cases}$$

$$B = 825 \text{ mm}$$

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} \quad \therefore 590 = C_1 \sqrt{\frac{118.08 * 10^6}{25 * 825}} \longrightarrow C_1 = 7.79 \longrightarrow J = 0.826$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{118.08 * 10^6}{0.826 * 360 * 590} = 673 \text{ mm}^2$$

– Check $A_{s_{min.}}$ $\quad A_{s_{req.}} = 673 \text{ mm}^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 300 * 590 = 553.1 \text{ mm}^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d$ $\quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 673 \text{ mm}^2$ $\quad$ **6 ϕ12**

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{350 - 25}{12 + 25} = 8.78 = 8.0 \text{ bars}$$

RFT. of Girder ((G))

2 3 1

0.64

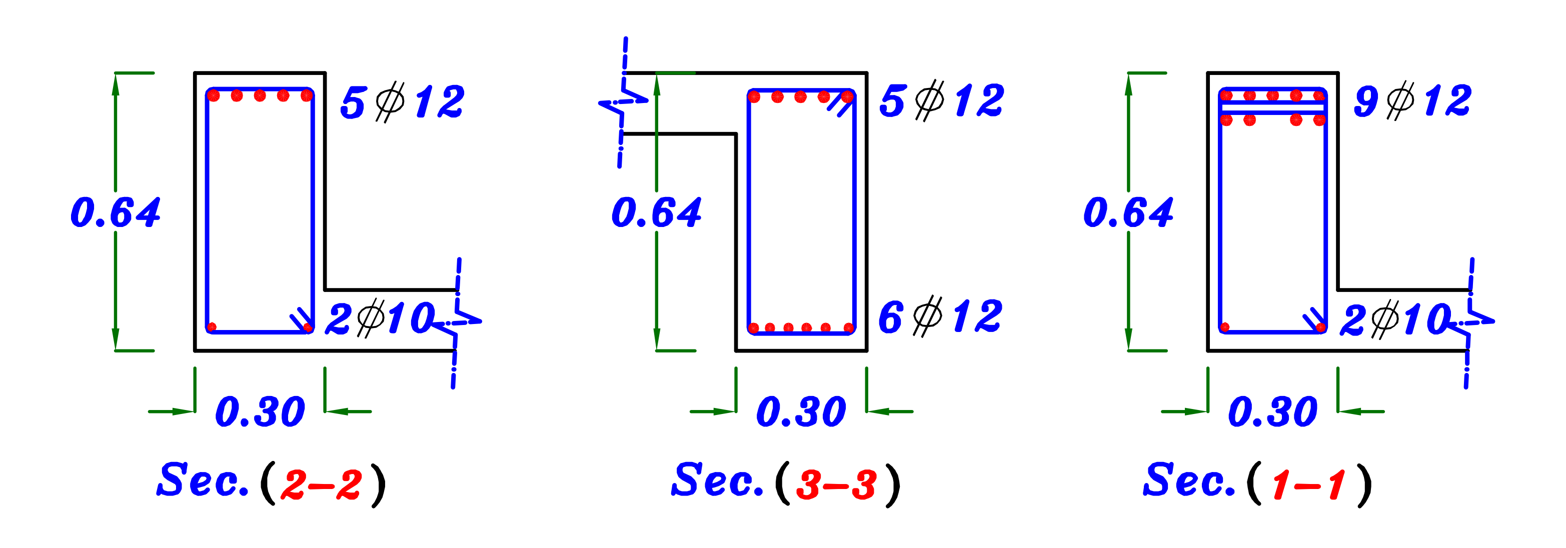
2 3 1

5 ϕ 12

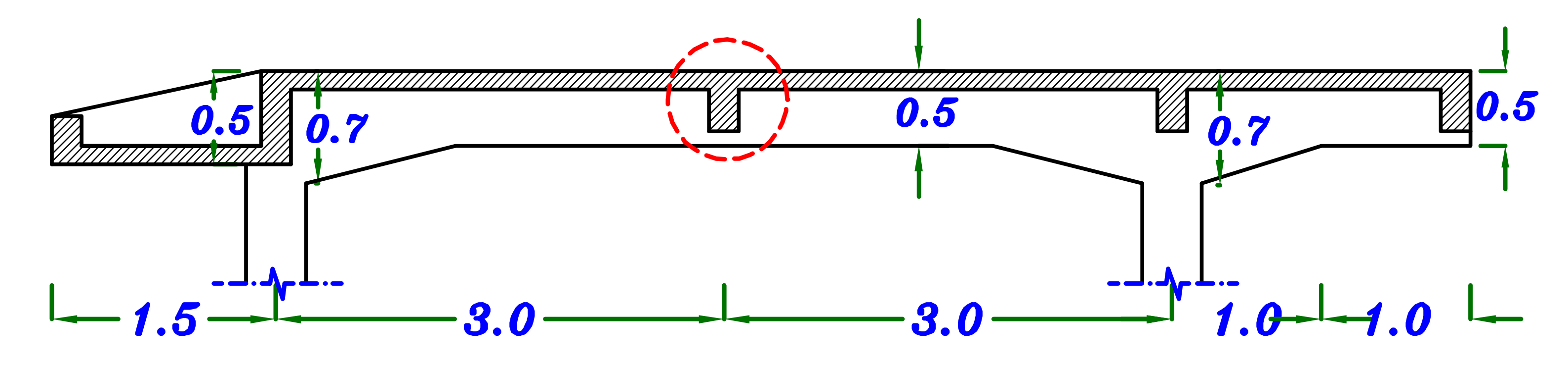
4 ϕ 12

2 ϕ 10   3 ϕ 12   2 ϕ 10

3 ϕ 12



Example.



Data.

t_s = 120 mm

F.C. = 1.50 kN\m², L.L. = 2.0 kN\m²

O.W. (Girder) = 4.50 kN\m`, O.W. (Beams) = 3.0 kN\m`

b (Girder) = 300 mm, b (Beams) = 250 mm

F_{cu} = 25 N\mm², F_y = 360 N\mm²

Spacing = 5.0 m

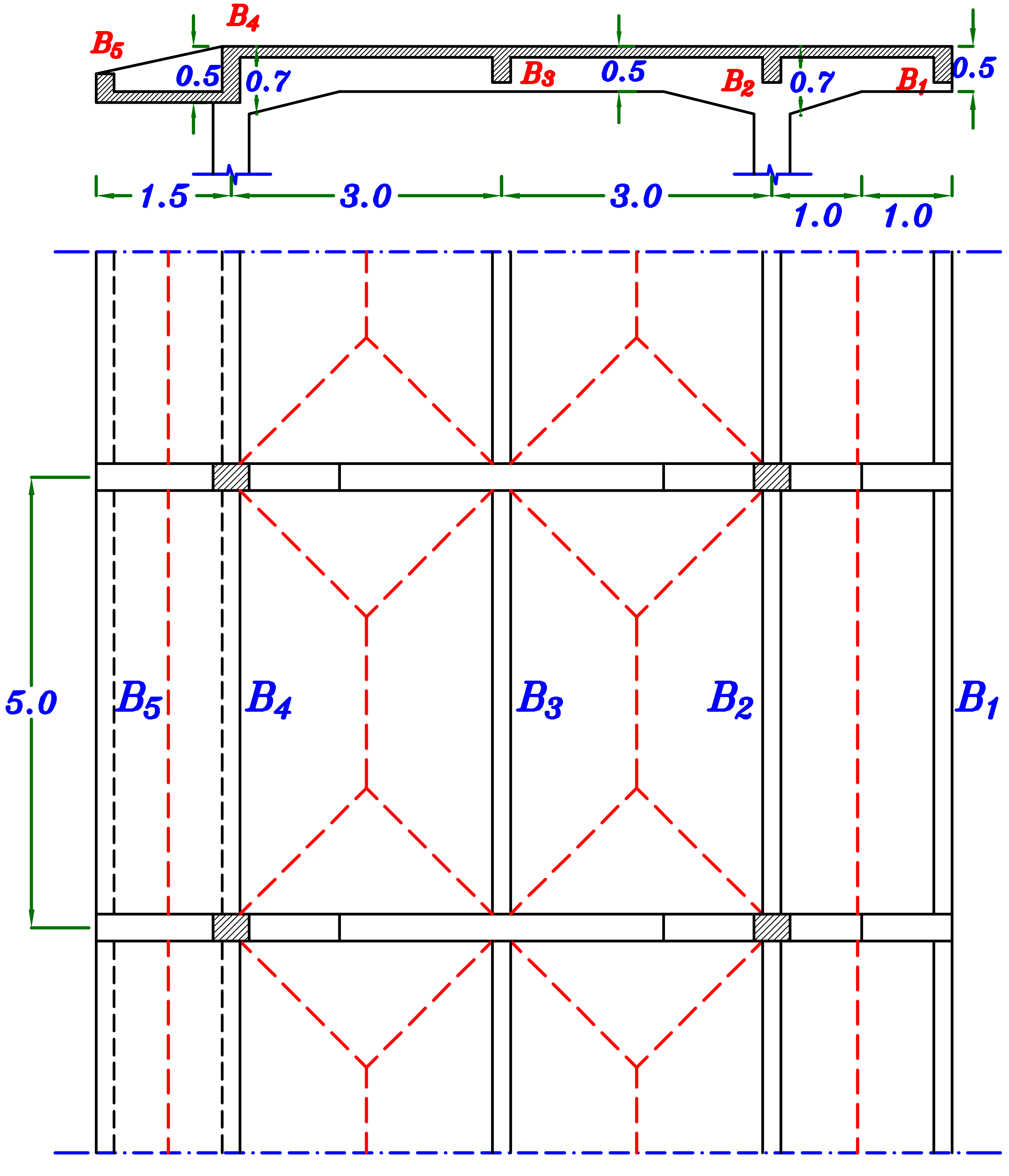
Req.

1- Design the marked Beam. and Draw Details of RFT. in elevation to scale 1:50 and cross-section to scale 1:10 making curtailment of steel using Empirical Method.

2- Draw B.M.D. For the Girder. (Case of Total Load only.)

3- Design the Girder. using U.L. design method in bending.

4- Draw Details of RFT. For Girder. and Draw Details of RFT. in elevation to scale 1:50 and cross-section to scale 1:10 making curtailment of steel using Moment of Resistance Method.



w_s

$$w_s = t_s * \gamma_c + F.C. + L.L.$$

$$w_s = 0.12 * 25 + 1.5 + 2.0 = 6.50 \ kN\backslash m^2$$

$$w_s = 6.50 \ kN\backslash m^2$$

Loads From Beams.

B_1

$$w_a = w_e = o.w. + w_s \frac{L_s}{2}$$

$$= 3.0 + (6.50)\left(\frac{2}{2}\right) = 9.50 \ kN\backslash m'$$

$$R_1 = w_a * Spacing = 9.50 * 5.0 = 47.5 \ kN$$

$$\boxed{R_1 = 47.5 \ kN}$$

$B5$

$$w_a = w_e = o.w. + w_s \frac{L_s}{2}$$

$$= 3.0 + (6.50)\left(\frac{1.5}{2}\right) = 7.87 \ kN\backslash m'$$

$$R_5 = w_a * Spacing = 7.87 * 5.0 = 39.4 \ kN$$

$$\boxed{R_5 = 39.4 \ kN}$$

B_3

For Trapezoid

$$C_a = 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{L_s}{L}\right) = 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{3}{5}\right) = 0.70$$

$$C_e = 1 - \frac{1}{3}\left(\frac{L_s}{L}\right)^2 = 1 - \frac{1}{3}\left(\frac{3}{5}\right)^2 = 0.88$$

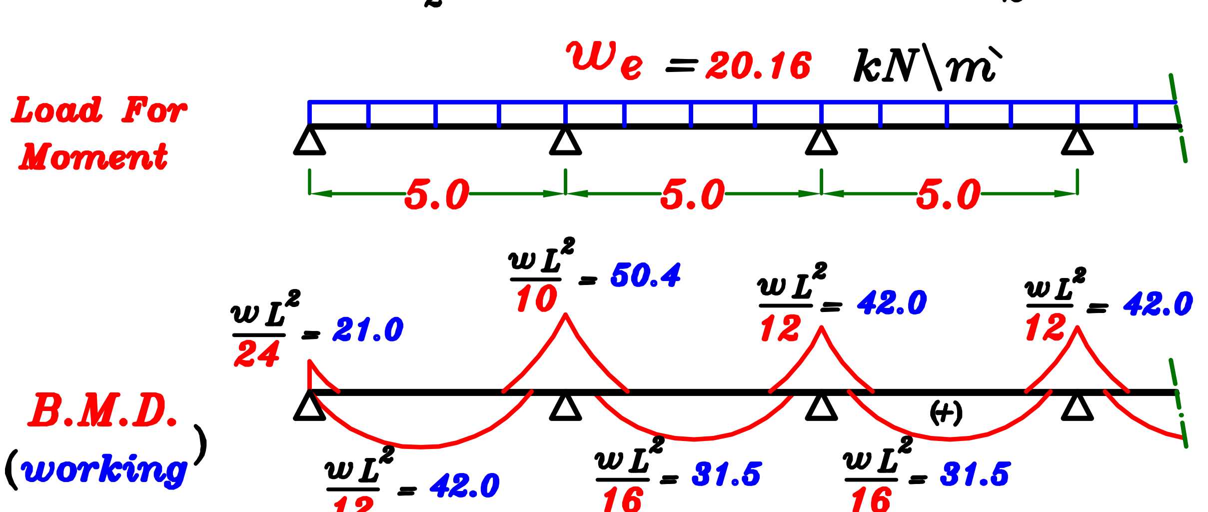
Load For Shear w_a

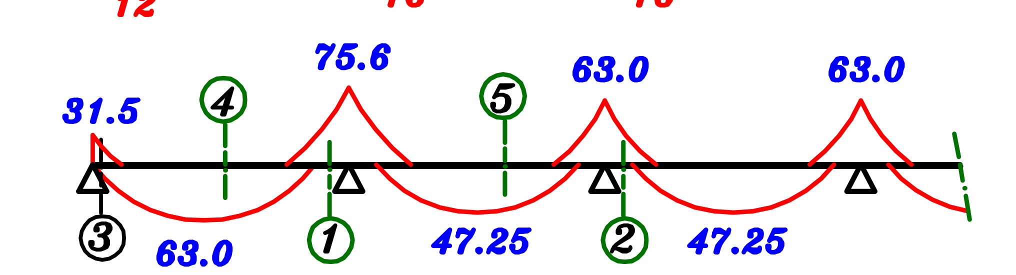
$$w_a = o.w. + 2\, C_a\, w_s \frac{L_s}{2} = 3.0 + 2\,(0.70)\,(6.50)\left(\frac{3}{2}\right) = 16.65 \ kN\backslash m'$$

$$R_3 = w_a * Spacing = 16.65 * 5.0 = 83.25 \ kN$$

$$\boxed{R_3 = 83.25 \ kN}$$

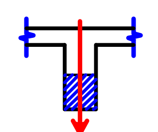
$$W_e = o.w. + 2\,C_e\,w_s\,\frac{L_s}{2} = 3.0 + 2\,(0.88)\,(6.50)\,\left(\frac{3}{2}\right) = 20.16\ kN\backslash m`$$





Sec. ①

$M_{U.L.} = 75.6\ kN.m$ R−Sec.



- Take $C_1 = 3.50 \longrightarrow J = 0.78$

- Get $d = C_1\sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\,b}} = 3.50\sqrt{\frac{75.6 * 10^6}{25 * 250}} = 384.9\ mm$

- Take $d = 400\ mm$, $t = 450\ mm$

- Get $A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\,F_y\,d} = \frac{75.6 * 10^6}{0.78 * 360 * 384.9} = 700\ mm^2$

- Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 700\ mm^2$

$$\mu_{min.}\,b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 400 = 312.5\ mm^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\,b\,d$ $\therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 700\ mm^2$ **7 ϕ12**

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{250 - 25}{12 + 25} = 6.08 = 6.0\ bars$$

Sec. ②

$M_{U.L.} = 63.0$ kN.m R-Sec.

Take $d = 0.40$ m (The same d of Sec. ①)

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} \quad \therefore 400 = C_1 \sqrt{\frac{63.0 * 10^6}{25 * 250}} \longrightarrow C_1 = 3.98 \longrightarrow J = 0.803$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{63.0 * 10^6}{0.803 * 360 * 400} = 544.8 \text{ mm}^2$$

– Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 544.8 \text{ mm}^2$

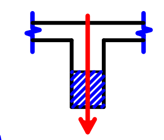
$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 400 = 312.5 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d \quad \therefore \text{Take } A_s = A_{s_{req.}} = 544.8 \text{ mm}^2$$



Sec. ③

$M_{U.L.} = 31.5$ kN.m R-Sec.



Take $d = 0.40$ m (The same d of Sec. ①)

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} \quad \therefore 400 = C_1 \sqrt{\frac{31.5 * 10^6}{25 * 250}} \longrightarrow C_1 = 5.634 \longrightarrow J = 0.826$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{31.5 * 10^6}{0.826 * 360 * 400} = 264.8 \text{ mm}^2$$

Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 264.8 \text{ mm}^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 400 = 312.5 \text{ mm}^2$$

$$\therefore \mu_{min.}\, b\, d > A_{s_{req.}} \xrightarrow{\text{Use}} A_{s_{min.}}$$

$$A_{s_{min.}} = 0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 400 = 312.5$$

$$1.3\, A_{s_{req.}} = 1.3 * 264.8 = 344.2$$

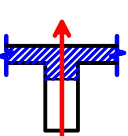
الأقل $= 312.5$

st. 360/520 $\frac{0.15}{100}\, b\, d = \frac{0.15}{100} * 250 * 400 = 150$

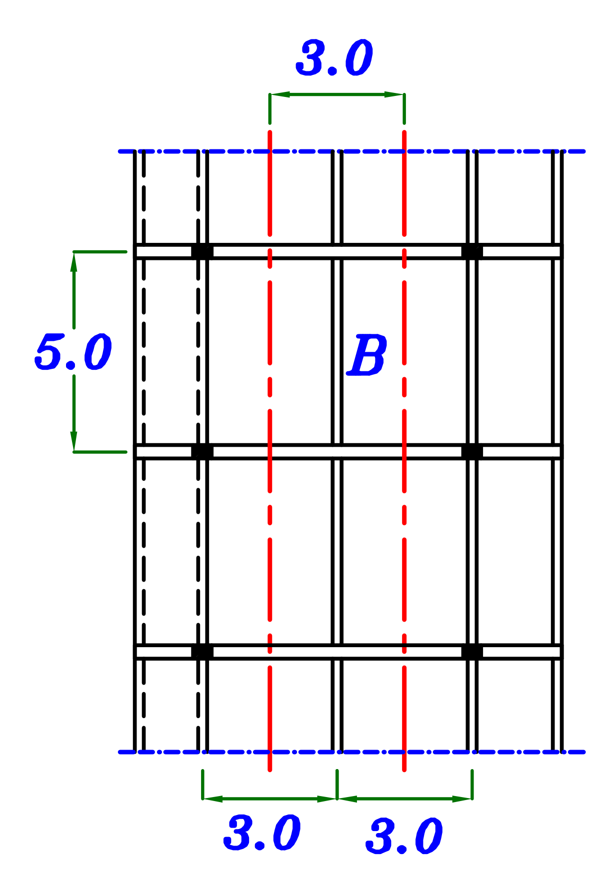
الأكبر $= 312.5 \text{ mm}^2$

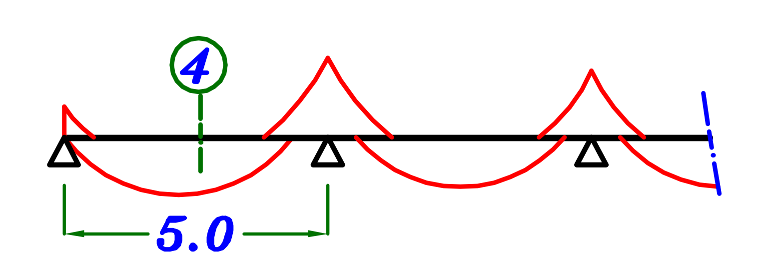
3 φ12

Sec. ④ $M_{U.L.} = 63.0$ kN.m T−Sec.



Take $d = 0.40$ m (The same d of Sec. ①)





$$B = \begin{cases} C.L.-C.L. = 3.0 \text{ m} = 3000 \text{ mm} \\ 16\, t_s + b = 16 * 120 + 250 = 2170 \text{ mm} \\ K \frac{L}{5} + b = 0.8 * \frac{5000}{5} + 250 = 1050 \text{ mm} \end{cases}$$

$B = 1050$ mm

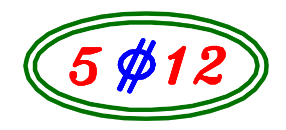
$\because d = C_1 \sqrt{\dfrac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}}$ $\therefore 400 = C_1 \sqrt{\dfrac{63.0 * 10^6}{25 * 1050}} \longrightarrow C_1 = 8.16 \longrightarrow J = 0.826$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{63.0 * 10^6}{0.826 * 360 * 400} = 529 \text{ mm}^2$$

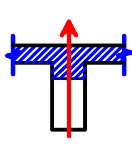
– Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 529 \text{ mm}^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 400 = 312.5 \text{ mm}^2$$

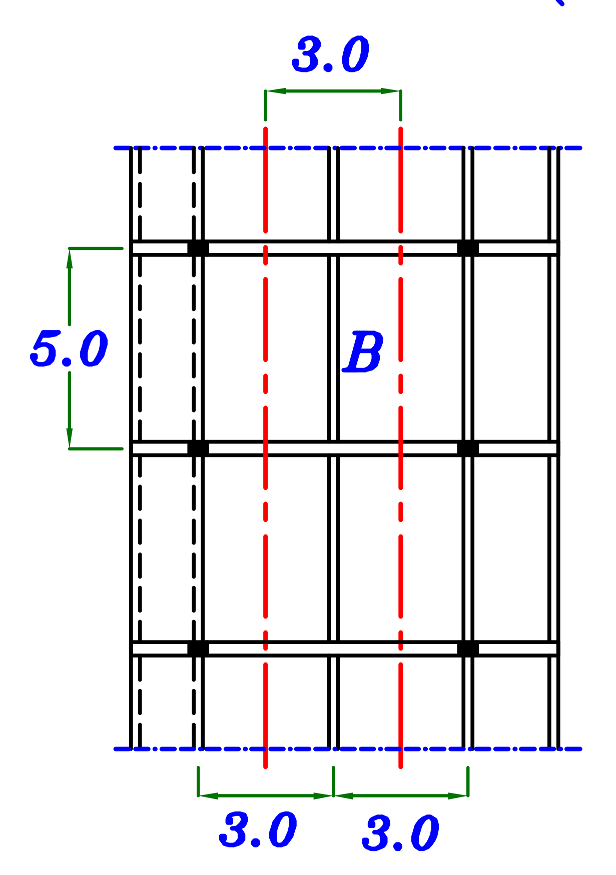
$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d$ $\therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 529 \text{ mm}^2$

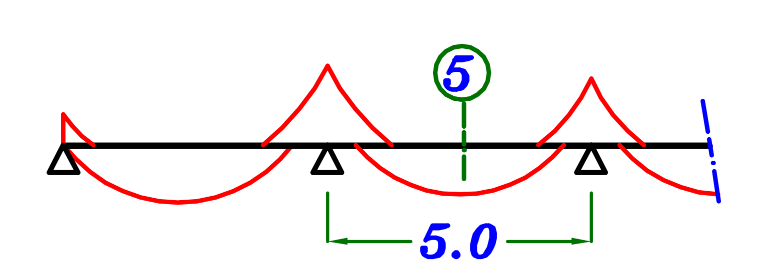


Sec. ⑤ $M_{U.L.} = 47.25$ kN.m T–Sec.



Take $d = 0.40$ m (The same d of Sec. ①)





$$B = \begin{cases} C.L.-C.L. = 3.0 \text{ m} = 3000 \text{ mm} \\ 16\, t_s + b = 16 * 120 + 250 = 2170 \text{ mm} \\ K \frac{L}{5} + b = 0.7 * \frac{5000}{5} + 250 = 950 \text{ mm} \end{cases}$$

$B = 950$ mm

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} \quad \therefore 400 = C_1 \sqrt{\frac{47.25 * 10^6}{25 * 950}} \longrightarrow C_1 = 8.96 \longrightarrow J = 0.826$$

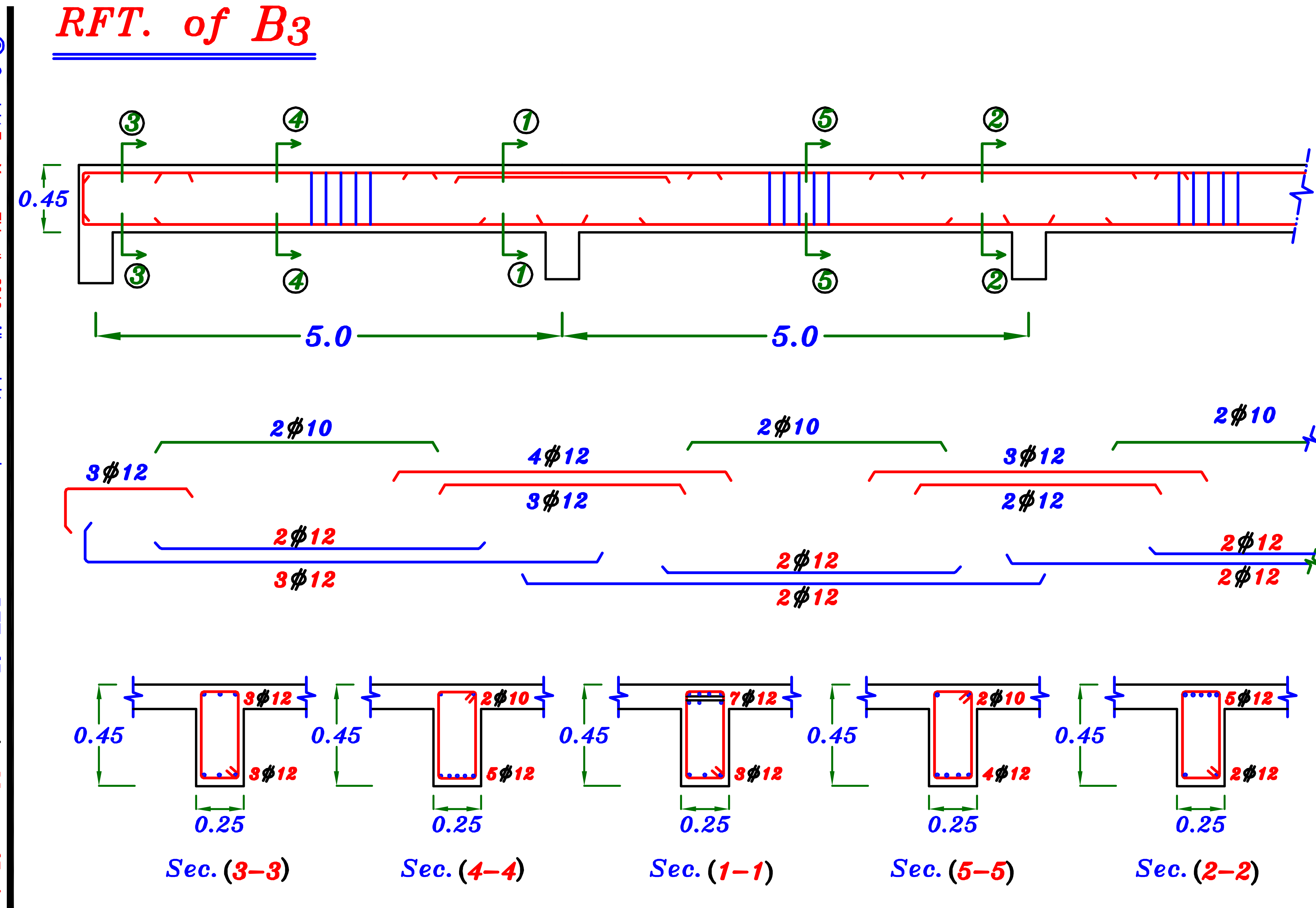
$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{47.25 * 10^6}{0.826 * 360 * 400} = 397.2 \text{ mm}^2$$

– Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 397.2$ mm^2

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 400 = 312.5 \text{ mm}^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d$ $\therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 397.2$ mm^2



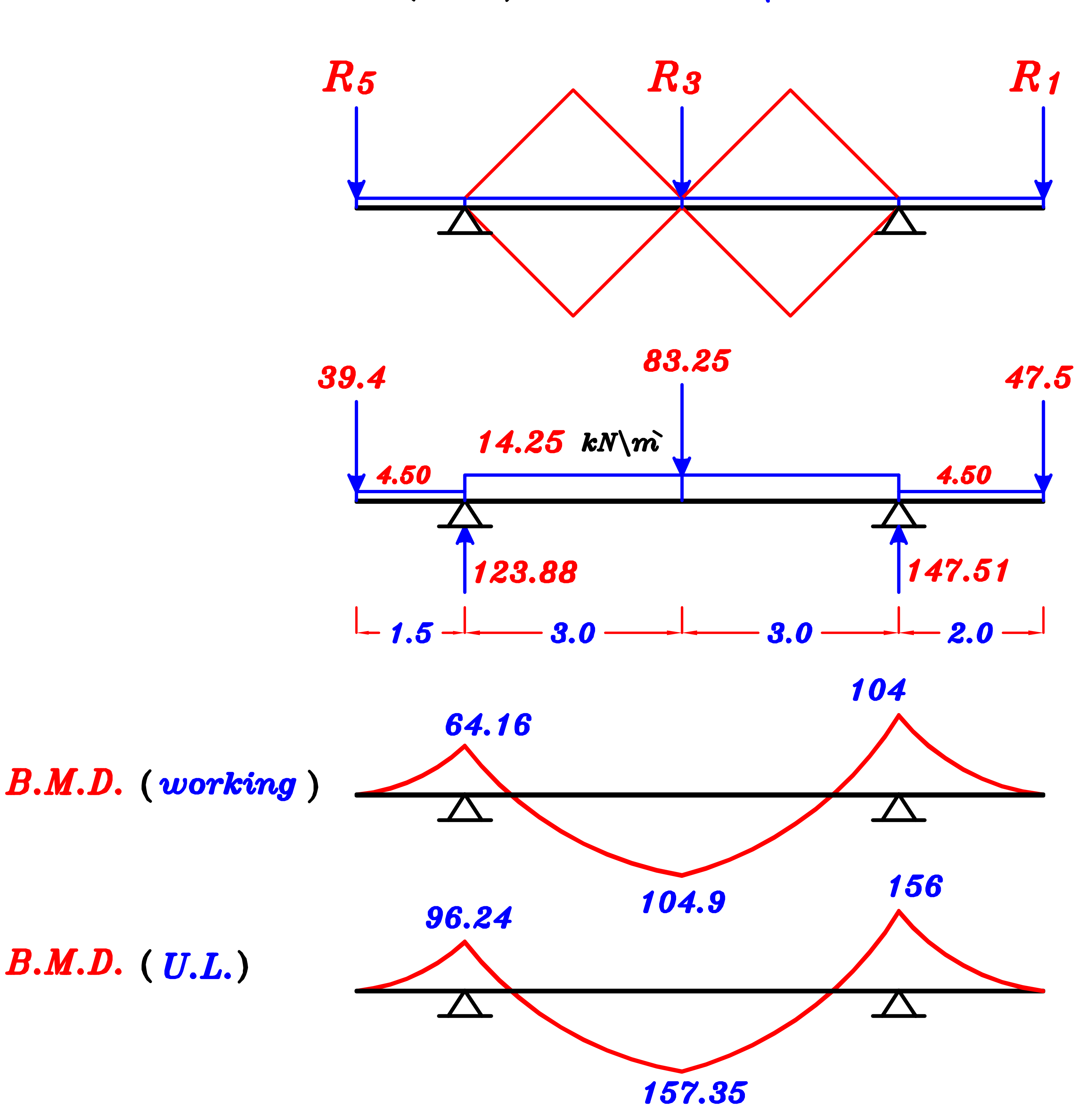

RFT. of B3
0.45
3 4 1 5 2
5.0
5.0
2ϕ10
2ϕ10
2ϕ10
3ϕ12
4ϕ12
3ϕ12
3ϕ12
2ϕ12
2ϕ12
3ϕ12
2ϕ12
2ϕ12
2ϕ12
2ϕ12
2ϕ12
3ϕ12
3ϕ12
0.45
0.25
Sec. (3-3)
2ϕ10
5ϕ12
0.45
0.25
Sec. (4-4)
7ϕ12
3ϕ12
0.45
0.25
Sec. (1-1)
2ϕ10
4ϕ12
0.45
0.25
Sec. (5-5)
5ϕ12
2ϕ12
0.45
0.25
Sec. (2-2)

Loads on Girder.

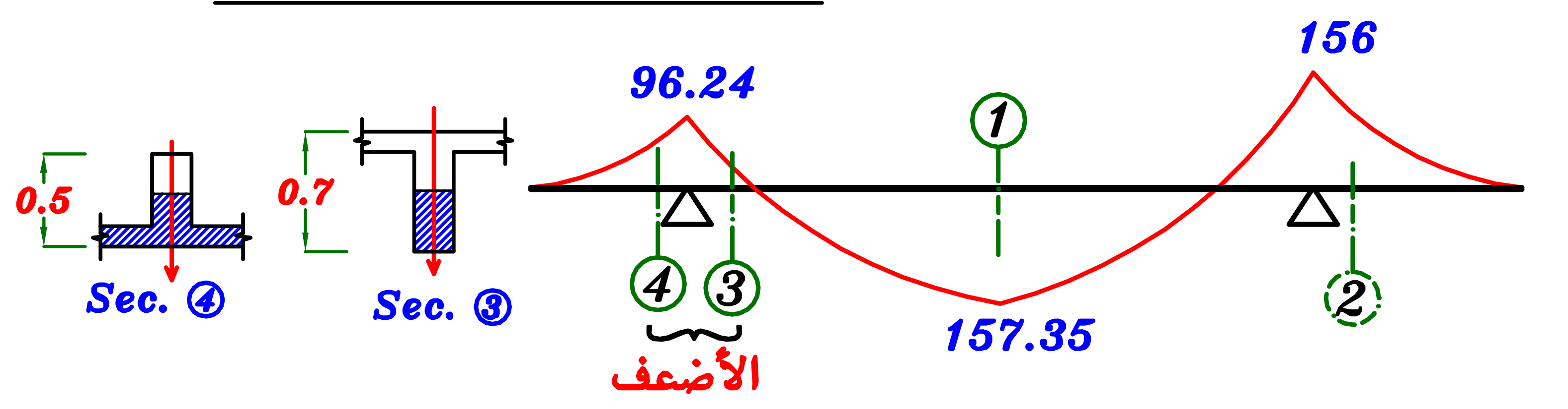
$$\frac{\sum area}{span} = \frac{4\left(\frac{1}{2}(3)(1.5)\right)}{6.0} = 1.50$$

$$w_1 = w_a = w_e = o.w. + \frac{\sum area}{span} * w_s$$

$$= 4.50 + 1.50\,(6.50) = 14.25 \quad kN\backslash m`$$



Design the Girder.

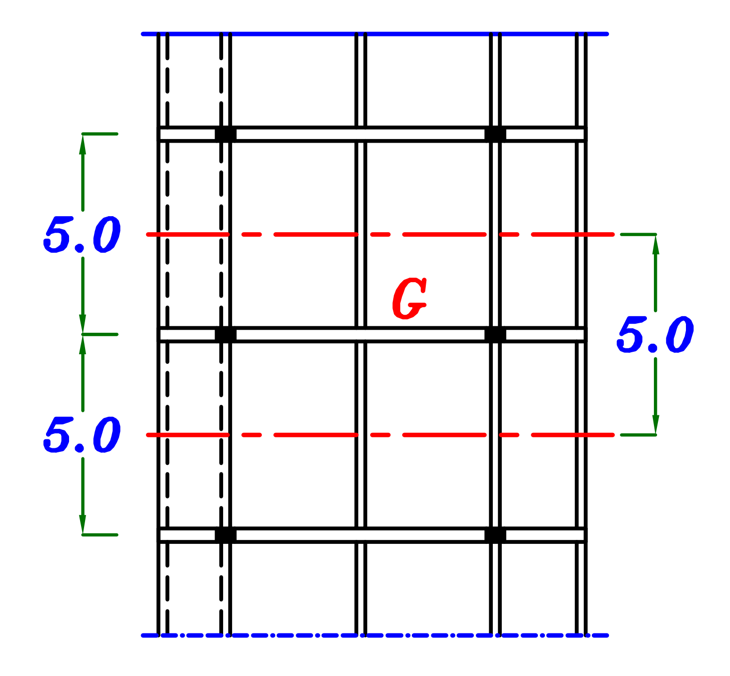


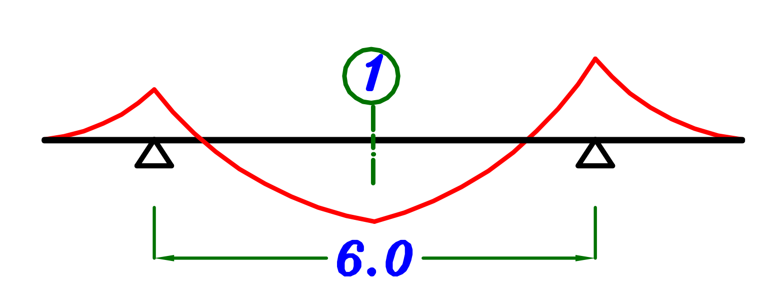
المفروض عمل تصميم على القطاع الاضعف من القطاعان ③ و ④
ولكن فى هذه الحالة لن نستطيع أن نحدد الاضعف الا بعد تصميم القطاعان
و أخذ التسليح الاكبر

Sec. ①

T–Sec.

$M_{U.L.} = 157.35$ kN.m , $b = 300$ mm , $t = 500$ mm





$$B = \begin{cases} C.L. - C.L. = 5.0 \text{ m} = 5000 \text{ mm} \\ 16\,t_s + b = 16 * 120 + 300 = 2220 \text{ mm} \\ K\dfrac{L}{5} + b = 0.7 * \dfrac{6000}{5} + 300 = 1140 \text{ mm} \end{cases}$$

$$B = 1140 \text{ mm}$$

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} \quad \therefore 450 = C_1 \sqrt{\frac{157.35 * 10^6}{25 * 1140}} \rightarrow C_1 = 6.06 \rightarrow J = 0.826$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\,F_y\,d} = \frac{157.35 * 10^6}{0.826 * 360 * 450} = 1176\ mm^2$$

– Check $A_{s_{min.}}$ $\qquad A_{s_{req.}} = 1176\ mm^2$

$$\mu_{min.}\,b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 300 * 450 = 421.8\ mm^2$$

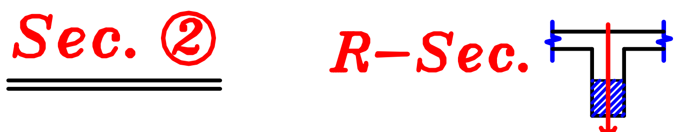
$$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\,b\,d \quad \therefore \text{Take } A_s = A_{s_{req.}} = 1176\ mm^2$$

6 ϕ16

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{300 - 25}{16 + 25} = 6.7 = 6.0 \text{ bars}$$

$$\text{Stirrup Hangers} = (0.1 \rightarrow 0.2)\,A_s = (0.1 \rightarrow 0.2)\,1176$$





$$M_{U.L.} = 156.0\ kN.m\ ,\quad b = 300\ mm\ ,\quad t = 700\ mm$$

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\,b}} \quad \therefore 650 = C_1 \sqrt{\frac{156.0 * 10^6}{25 * 300}} \longrightarrow C_1 = 4.507 \longrightarrow J = 0.819$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\,F_y\,d} = \frac{156.0 * 10^6}{0.819 * 360 * 650} = 814\ mm^2$$

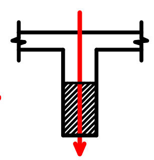
– Check $A_{s_{min.}}$ $\qquad A_{s_{req.}} = 814\ mm^2$

$$\mu_{min.}\,b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 300 * 650 = 609.3\ mm^2$$

$$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\,b\,d \quad \therefore \text{Take } A_s = A_{s_{req.}} = 814\ mm^2$$

5 ϕ16

Sec. ③

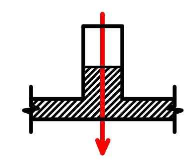
R–Sec. 

$M_{U.L.} = 96.24\ kN.m\ ,\quad b = 300\ mm\ ,\quad t = 700\ mm$

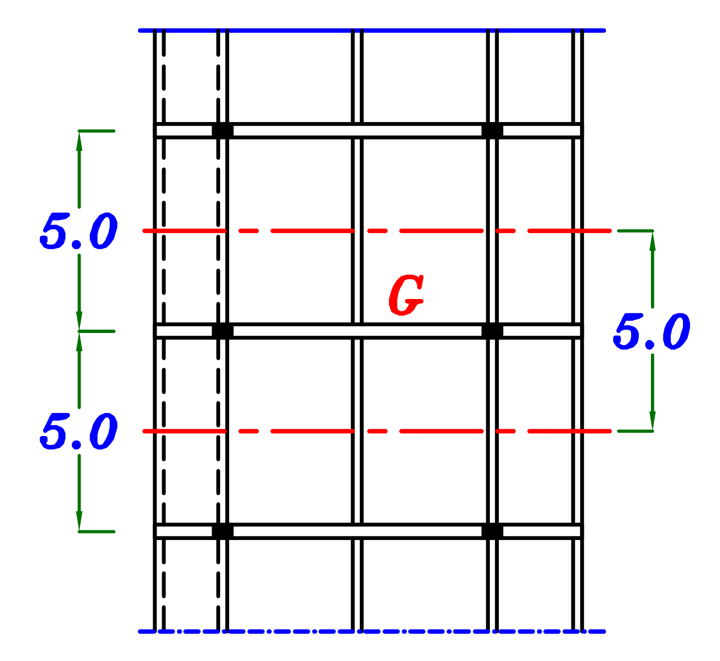
$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\ b}} \quad \therefore 650 = C_1 \sqrt{\frac{96.24 * 10^6}{25 * 300}} \longrightarrow C_1 = 5.738 \longrightarrow J = 0.826$$

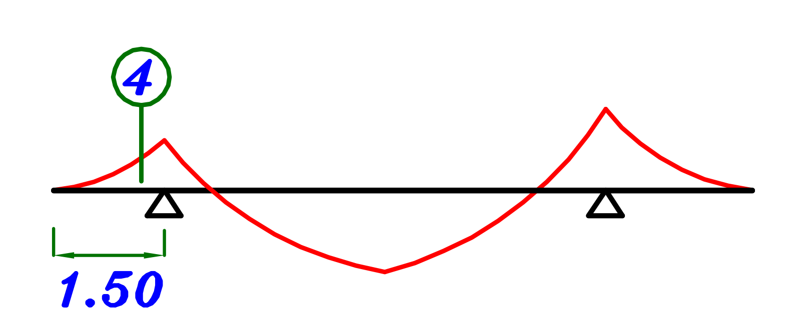
$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\ F_y\ d} = \frac{96.24 * 10^6}{0.826 * 360 * 650} = 498\ mm^2$$

Sec. ④

T–Sec. 

$M_{U.L.} = 96.24\ kN.m\ ,\quad t = 500\ mm$





كمره مقلوبه

$K = 2.0$

$$B = \begin{cases} C.L. - C.L. = 5.0\ m = 5000\ mm \\ 16\, t_s + b = 16 * 120 + 300 = 2220\ mm \\ K \frac{L}{5} + b = 2.0 * \frac{1500}{5} + 300 = 900\ mm \end{cases}$$

$B = 900\ mm$

$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} \quad \therefore 450 = C_1 \sqrt{\frac{96.24 * 10^6}{25 * 900}} \rightarrow C_1 = 6.88 \rightarrow J = 0.826$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{96.24 * 10^6}{0.826 * 360 * 450} = 719 \ mm^2$$

$\because$ Sec. ③ & Sec. ④ are the same section.

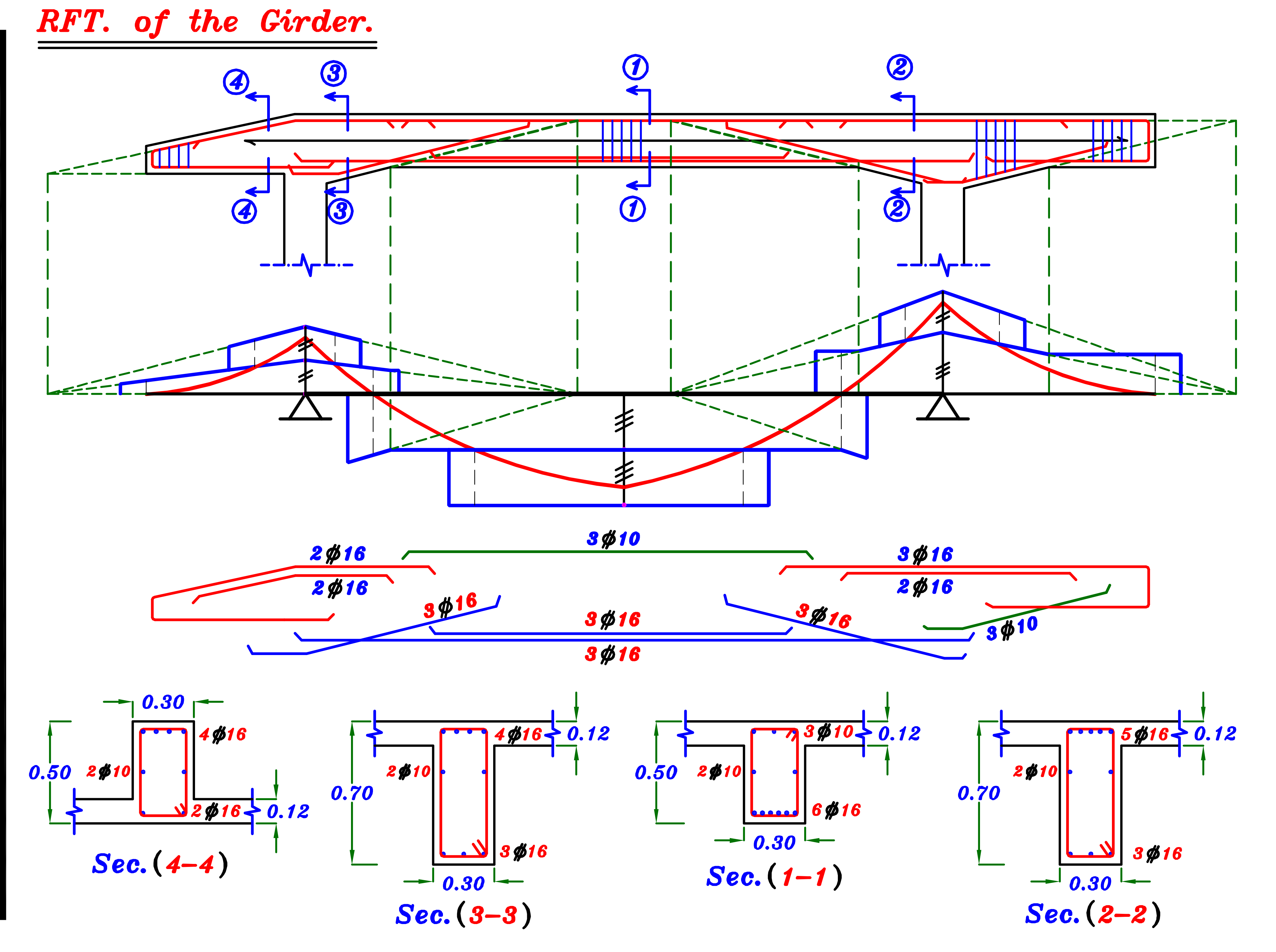
$\therefore$ Take the bigger value of $A_s = 719 \ mm^2$

– Check $A_{s_{min.}}$ $\quad A_{s_{req.}} = 719 \ mm^2$

الاكبر من القطاعين

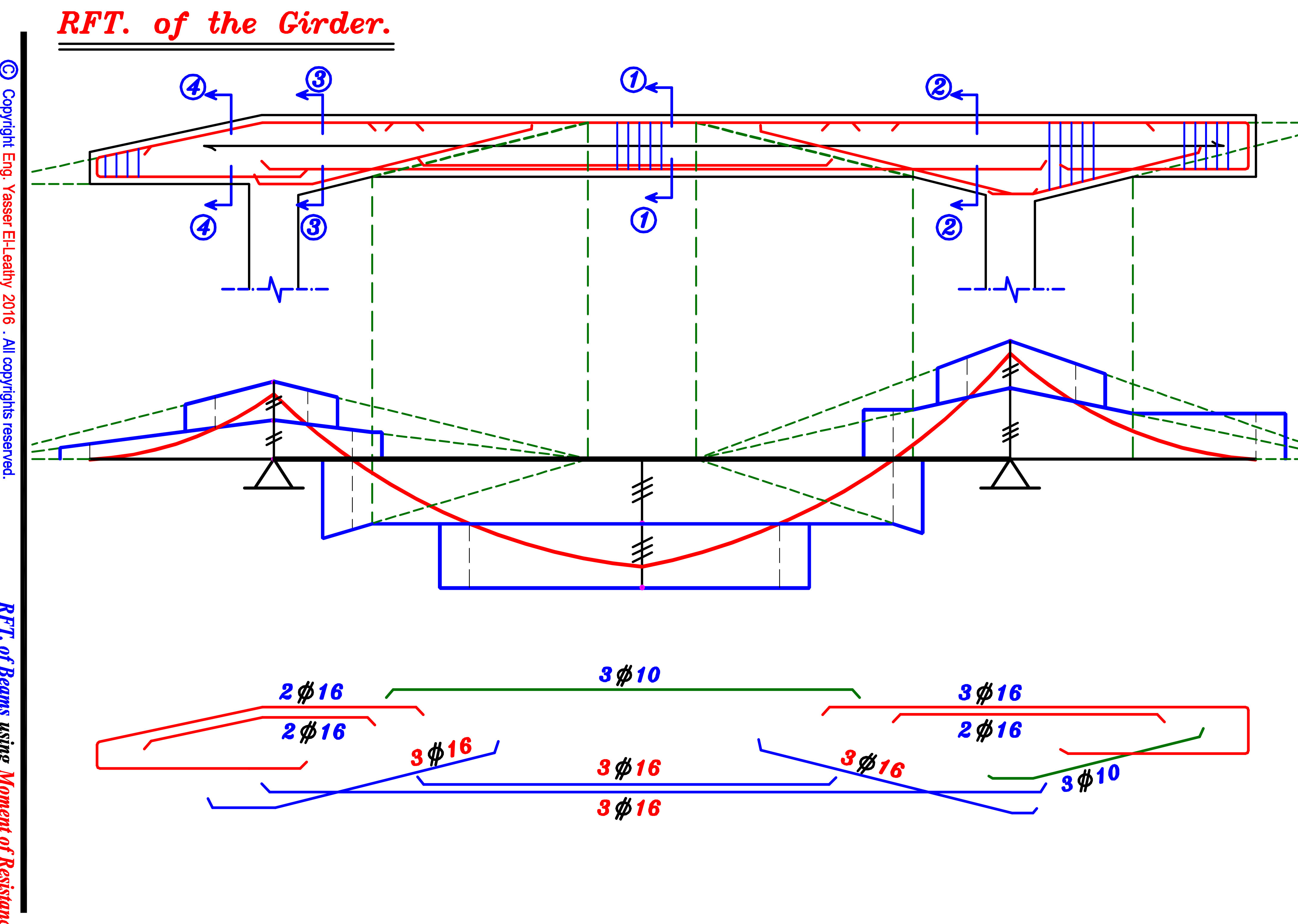
$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 300 * 650 = 609.3 \ mm^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d \quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 719 \ mm^2$ $\quad$ 4 ϕ16

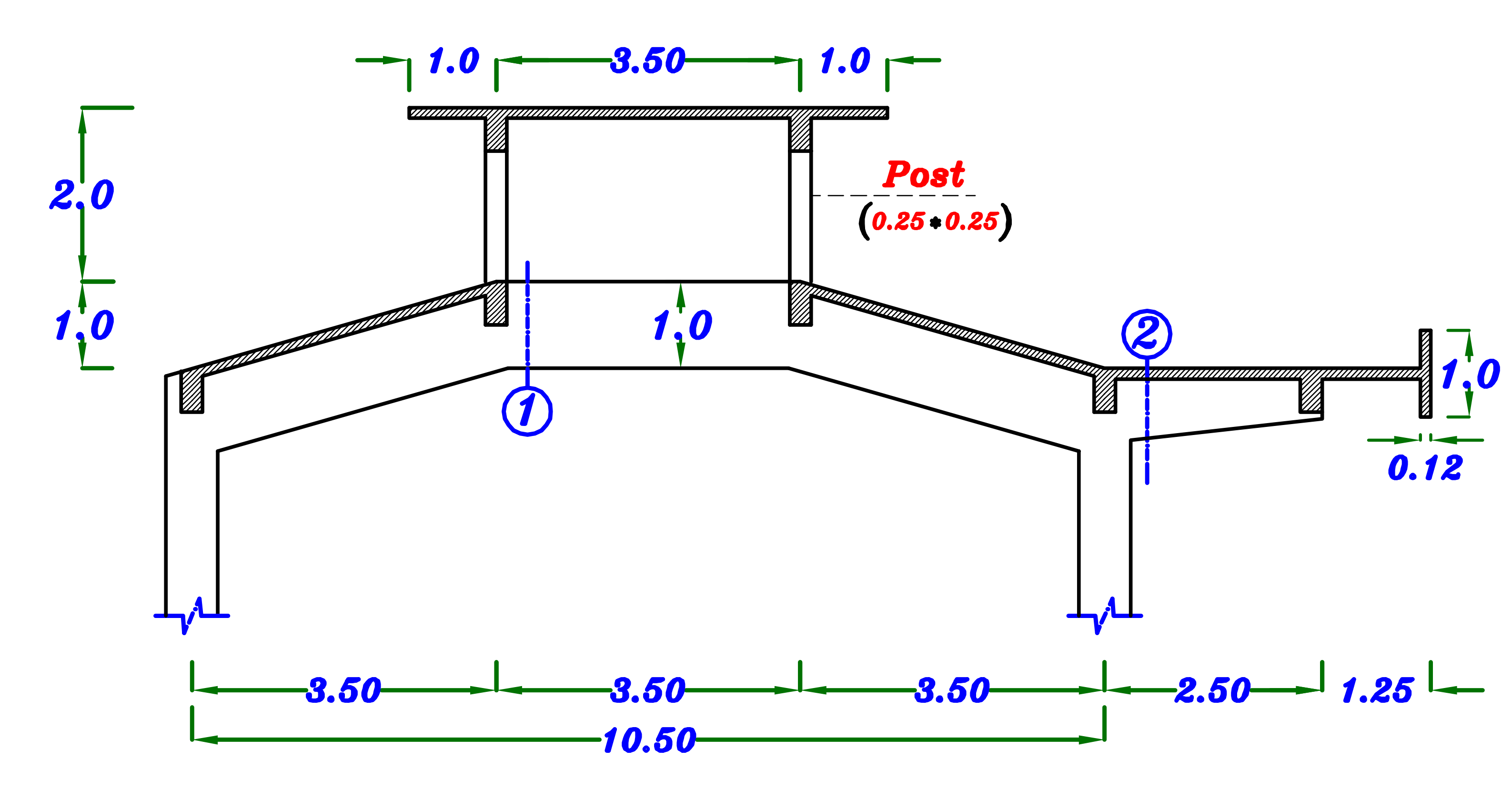


RFT. of the Girder.
1
2
3
4
3φ10
2φ16
2φ16
3φ16
2φ16
3φ16
3φ16
3φ16
3φ16
3φ10
0.30
4φ16
0.50
2φ10
2φ16
0.12
Sec. (4-4)
4φ16
0.12
0.70
2φ10
3φ16
0.30
Sec. (3-3)
3φ10
0.12
0.50
2φ10
6φ16
0.30
Sec. (1-1)
5φ16
0.12
0.70
2φ10
3φ16
0.30
Sec. (2-2)

RFT. of the Girder.



Example.



Data.

$t_s = 0.12\ m$, Spacing $= 6.0\ m$

O.W. of Girder $= 6.0\ kN\backslash m'$, O.W. of Beam $= 3.0\ kN\backslash m'$

$b_{(Beam)} = 250\ mm$, $b_{(Girder)} = 350\ mm$

L.L. $= 3.0\ kN\backslash m^2$, F.C. $= 1.5\ kN\backslash m^2$

$F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2$, st. 360/520

Req.

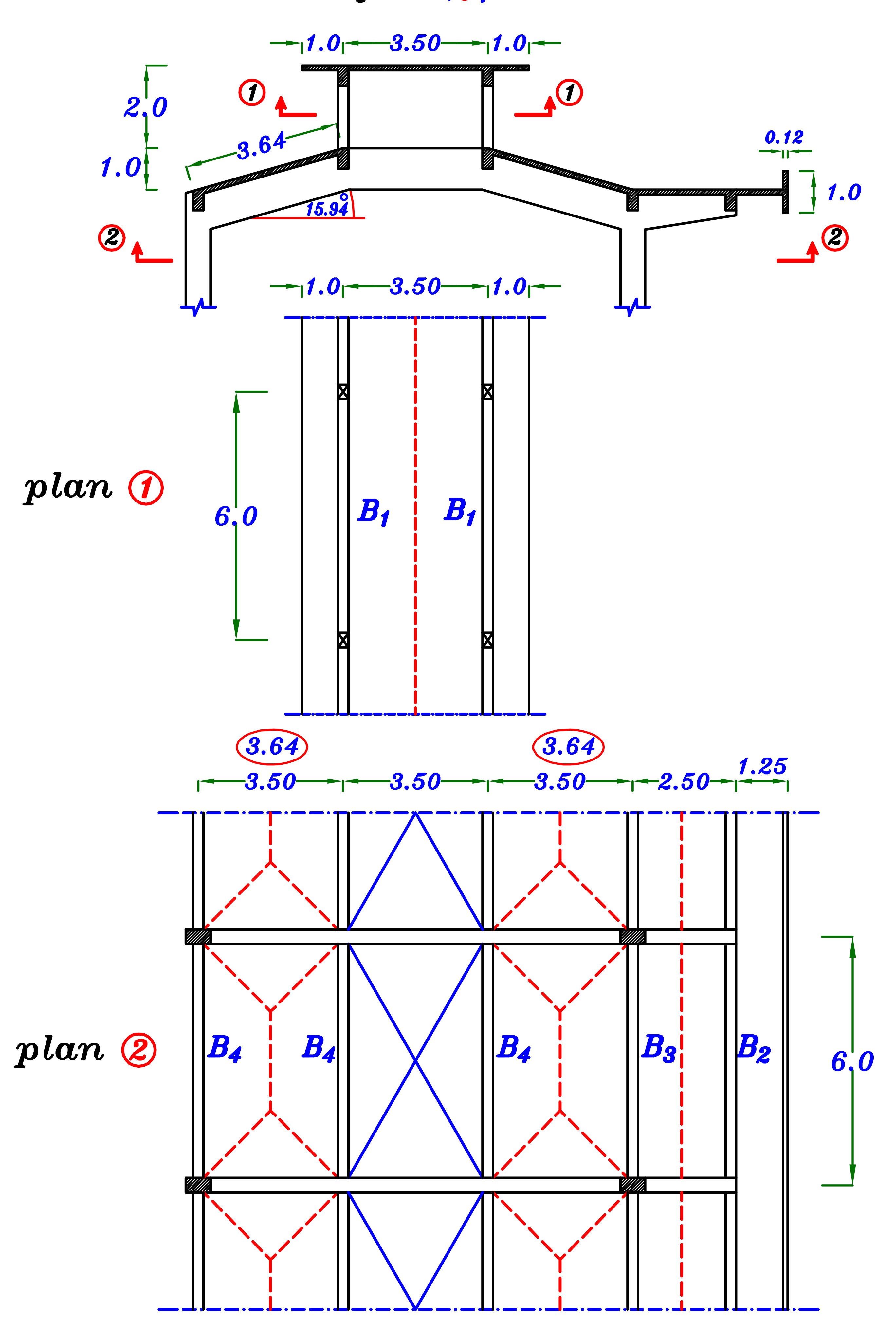
a- Calculate the equivalent working loads For shear and moment For the intermediate girder (G).

b- Draw the shearing Force diagram due to total Load and max-max bending moment diagram For an intermediate girder (G).

C- Design of the critical sections of the girder (G) to satisfy the bending requirements using the given dimensions (using U.L.D.M.)

d- Draw the details of reinforcement For girder (G) in elevation to Scale 1:25 and cross sections to Scale 1:10 making curtailment of steel using Moment of Resistance Method.

a- Calculate the equivalent working loads For shear and moment For the intermediate girder (G).



g_s , p_s

$g_s = t_s * \gamma_c + F.C. = 0.12 * 25 + 1.50 = 4.50$ kN\m²

$p_{sh} = L.L. = 3.0$ kN\m² ------ HL. Slab.

$p_{si} = L.L. * Cos\,\theta = 3.0 * Cos\,15.94° = 2.88$ kN\m² --- Inclined Slab.

$g_s = 4.50$ kN\m² , $p_{sh} = 3.0$ kN\m² , $p_{si} = 2.88$ kN\m²

B_1 Load For Shear.

$$g_a = O.W. + g_s \frac{L_s}{2} + g_s L_c$$

$$= 3.0 + (4.50)\left(\frac{3.5}{2}\right) + (4.50)(1.0) = 15.37 \text{ kN\m}'$$

$$p_a = p_{sh} \frac{L_s}{2} + p_{sh} L_c$$

$$= (3.0)\left(\frac{3.5}{2}\right) + (3.0)(1.0) = 8.25 \text{ kN\m}'$$

$$w_a = g_a + p_a = 15.37 + 8.25 = 23.62 \text{ kN\m}'$$

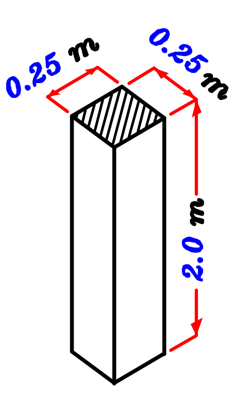
$R_1 = g_a * Spacing = 15.37 * 6.0 = 92.22$ kN ------ D.L.

$= w_a * Spacing = 23.62 * 6.0 = 141.72$ kN ------ T.L.

$R_1 = 92.22$ kN ----- D.L.

$= 141.72$ kN ----- T.L.

Post



Weight of the Post = Volume * Density

$= (0.25 * 0.25 * 2.0)(25) = 3.12$ kN

Weight of the Post = 3.12 kN

Note : Weight of Post can be neglected.



B_2

parapet
1.0
0.12
1.0

$$O.W.\ of\ parapet = (0.12)(1.0)(1.0)(25) = 3.0\ kN\backslash m'$$

Load For Shear.

$$g_a = O.W. + g_s \frac{L_s}{2} + g_s L_c + O.W.\ of\ parapet$$

$$= 3.0 + (4.50)\left(\frac{2.5}{2}\right) + (4.50)(1.25) + 3.0 = 17.25\ kN\backslash m'$$

$$p_a = p_{sh} \frac{L_s}{2} + p_{sh} L_c$$

$$= (3.0)\left(\frac{2.5}{2}\right) + (3.0)(1.25) = 7.5\ kN\backslash m'$$

$$w_a = g_a + p_a = 17.25 + 7.5 = 24.75\ kN\backslash m'$$

$$R_2 = g_a * Spacing = 17.25 * 6.0 = 103.5\ kN \text{ ------ D.L.}$$

$$= w_a * Spacing = 24.75 * 6.0 = 148.5\ kN \text{ ------ T.L.}$$

$$R_2 = 103.5\ kN \text{ ----- D.L.}$$

$$= 148.5\ kN \text{ ----- T.L.}$$

B_4 Load For Shear.

For Trapezoid $C_a = 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{L_s}{L}\right) = 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{3.64}{6.0}\right) = 0.696$

$$g_a = O.W. + C_a\, g_s \frac{L_s}{2} = 3.0 + (0.696)(4.50)\left(\frac{3.64}{2}\right) = 8.70\ kN\backslash m'$$

$$p_a = C_a\, p_{si} \frac{L_s}{2} = (0.696)(2.88)\left(\frac{3.64}{2}\right) = 3.648\ kN\backslash m'$$

$$w_a = g_a + p_a = 8.70 + 3.648 = 12.35\ kN\backslash m'$$

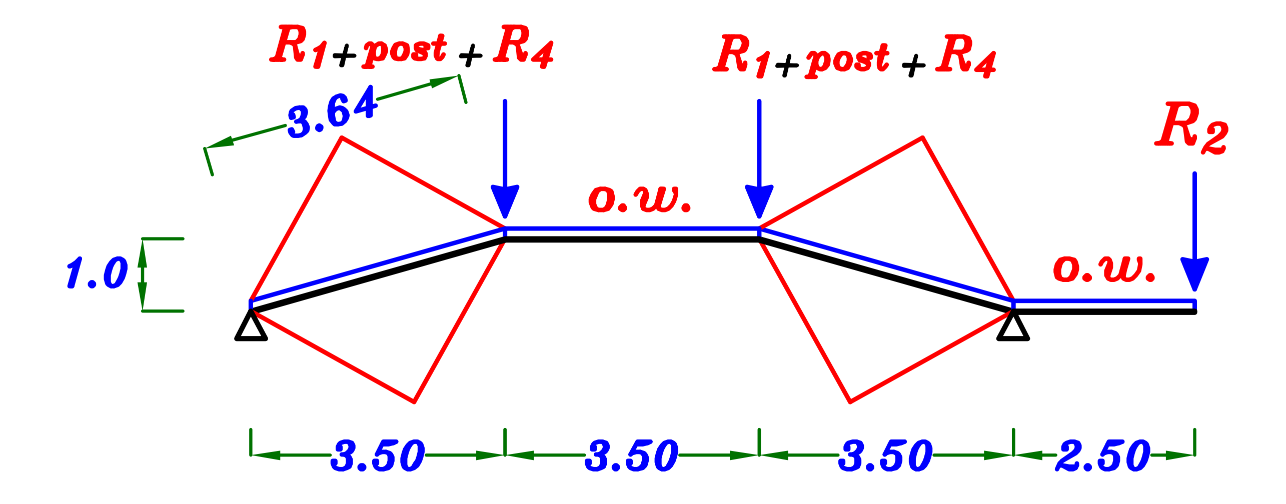
$$R_4 = g_a * Spacing = 8.70 * 6.0 = 52.2\ kN \text{ ------ D.L.}$$

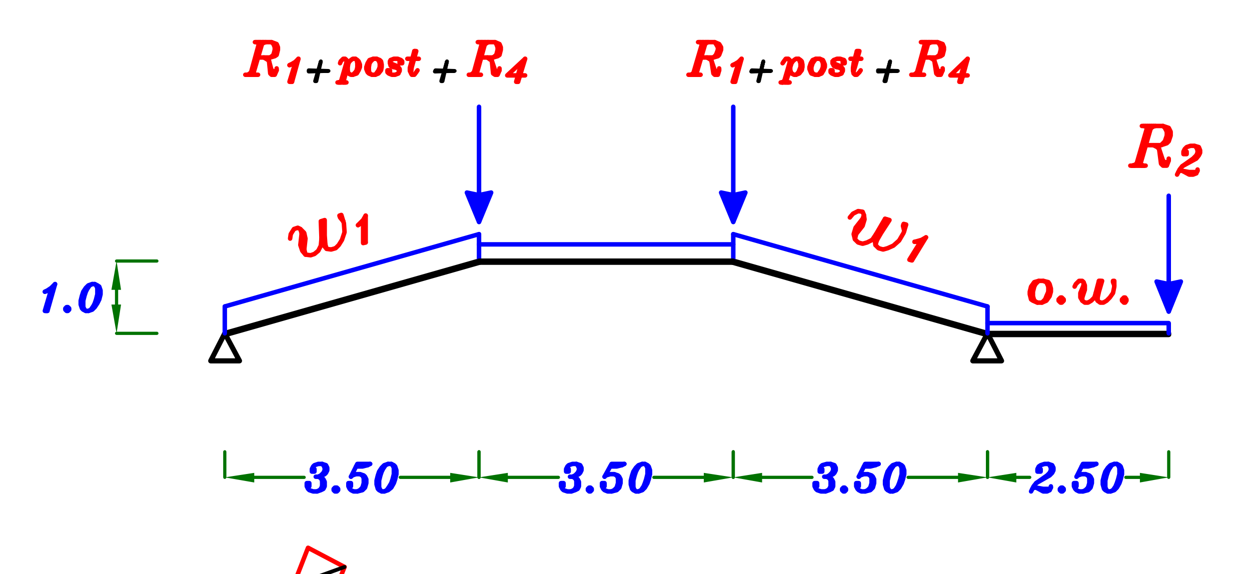
$$= w_a * Spacing = 12.35 * 6.0 = 74.10\ kN \text{ ------ T.L.}$$

$$R_4 = 52.2\ kN \text{ ----- D.L.}$$

$$= 74.10\ kN \text{ ----- T.L.}$$

Load on the Girder.





$$\frac{\sum area}{span} = \frac{2\left(\frac{1}{2}(3.64)\left(\frac{3.64}{2}\right)\right)}{3.64} = 1.82$$

$$g_1 = g_a = g_e = o.w. + \frac{\sum area}{span} * g_s$$

$$= 6.0 + 1.82 \quad (4.50) = 14.19 \ kN\backslash m$$

$$p_1 = p_a = p_e = \frac{\sum area}{span} * p_{si}$$

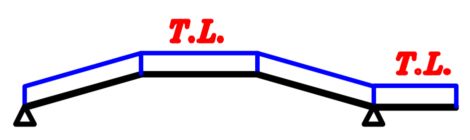
$$= 1.82 \ (2.88) = 5.24 \ kN\backslash m`$$

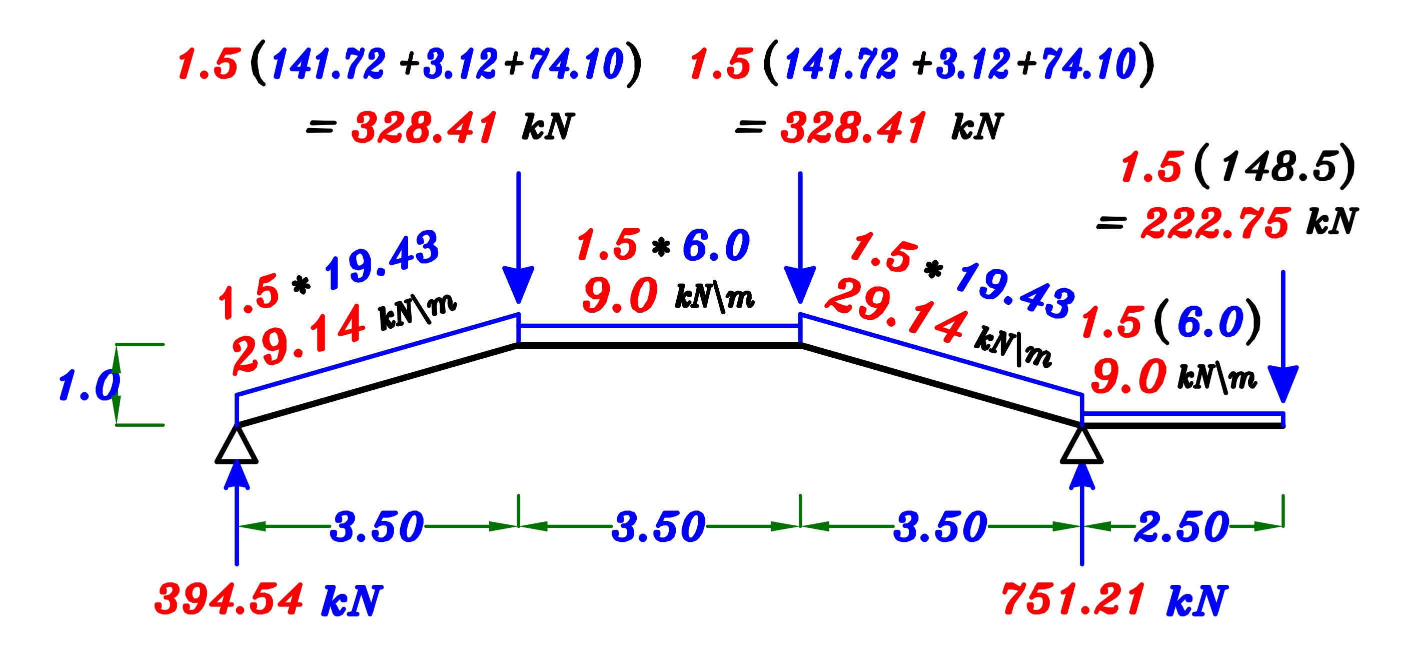
$$w_1 = w_a = w_e = g_1 + p_1 = 14.19 + 5.24 = 19.43 \ kN\backslash m`$$

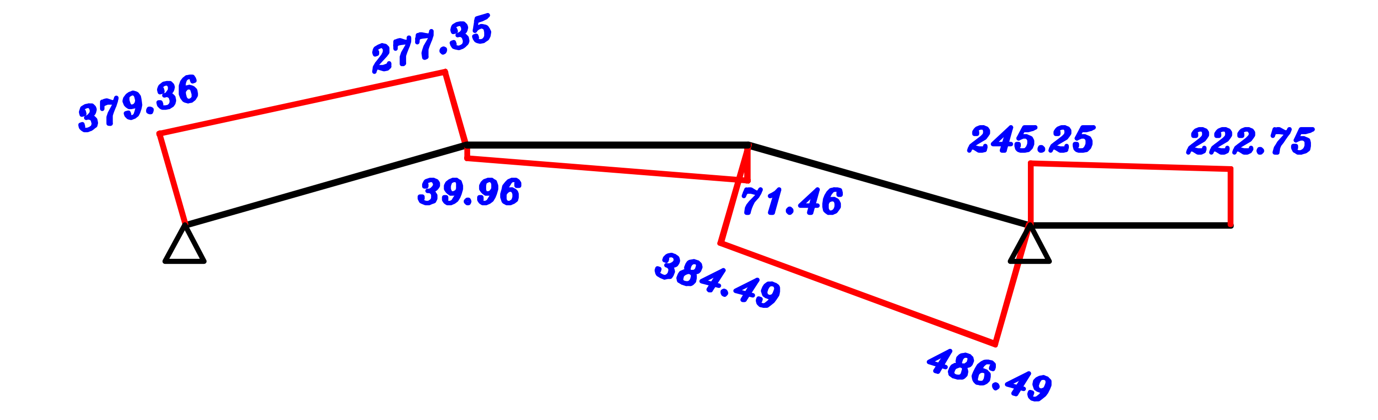
$g_1 = 14.19$ kN\m` ---- D.L.
$w_1 = 19.43$ kN\m` ---- T.L.

b – Draw the shearing Force diagram due to total Load and max–max bending moment diagram For an intermediate girder (G) .

S.F.D. For the Girder. U.L.







max–max B.M.D. For the Girder. U.L.

1_ max. +Ve B.M.D.

T.L.
D.L.

1.5 (141.72 + 3.12 + 74.10) = 328.41 kN

1.5 (141.72 + 3.12 + 74.10) = 328.41 kN

0.9 (103.5) = 93.15 kN

1.5 * 19.43
29.14 kN\m

1.5 * 6.0
9.0 kN\m

1.5 * 19.43
29.14 kN\m

0.9 (6.0)
5.4 kN\m

1.0

3.50 3.50 3.50 2.50

426.44 kN

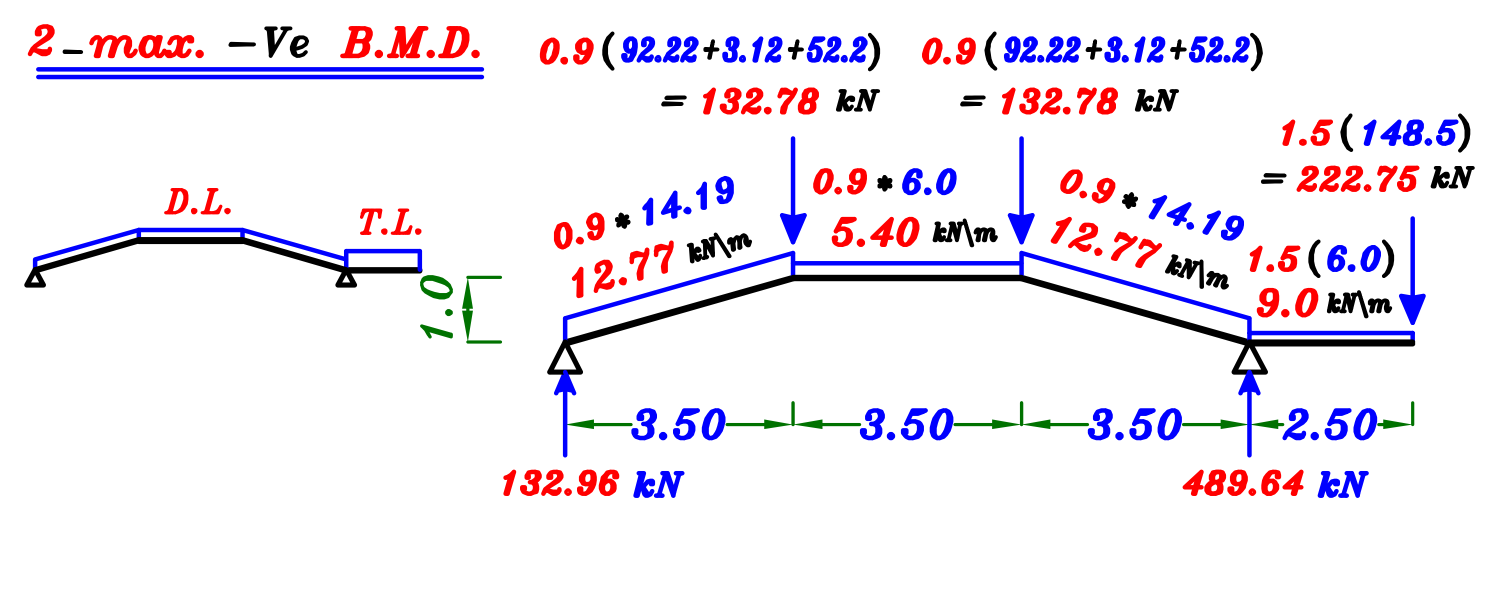
580.66 kN

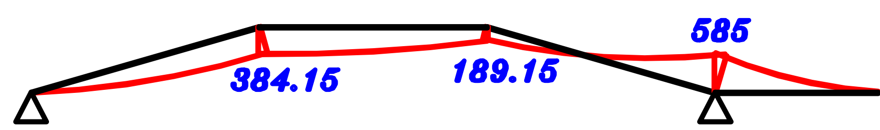
249.75

1306.93

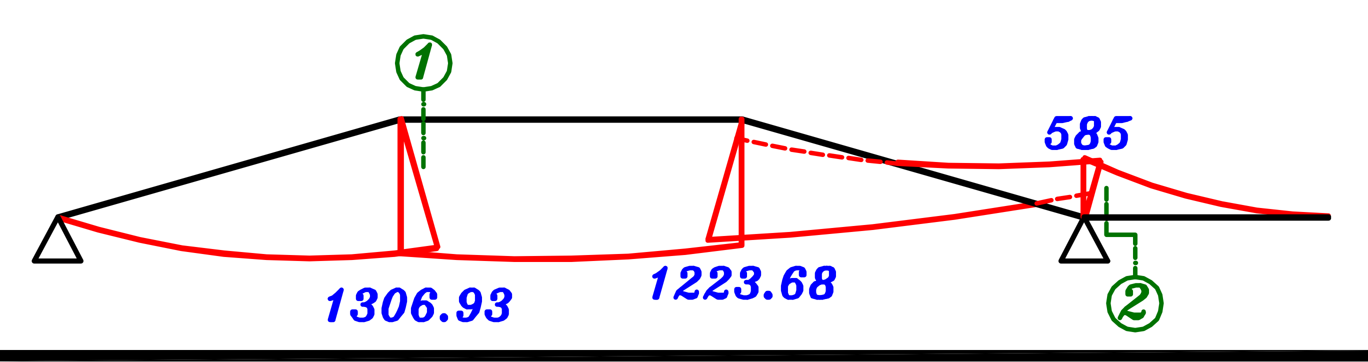
1223.68

2_max. –Ve B.M.D.

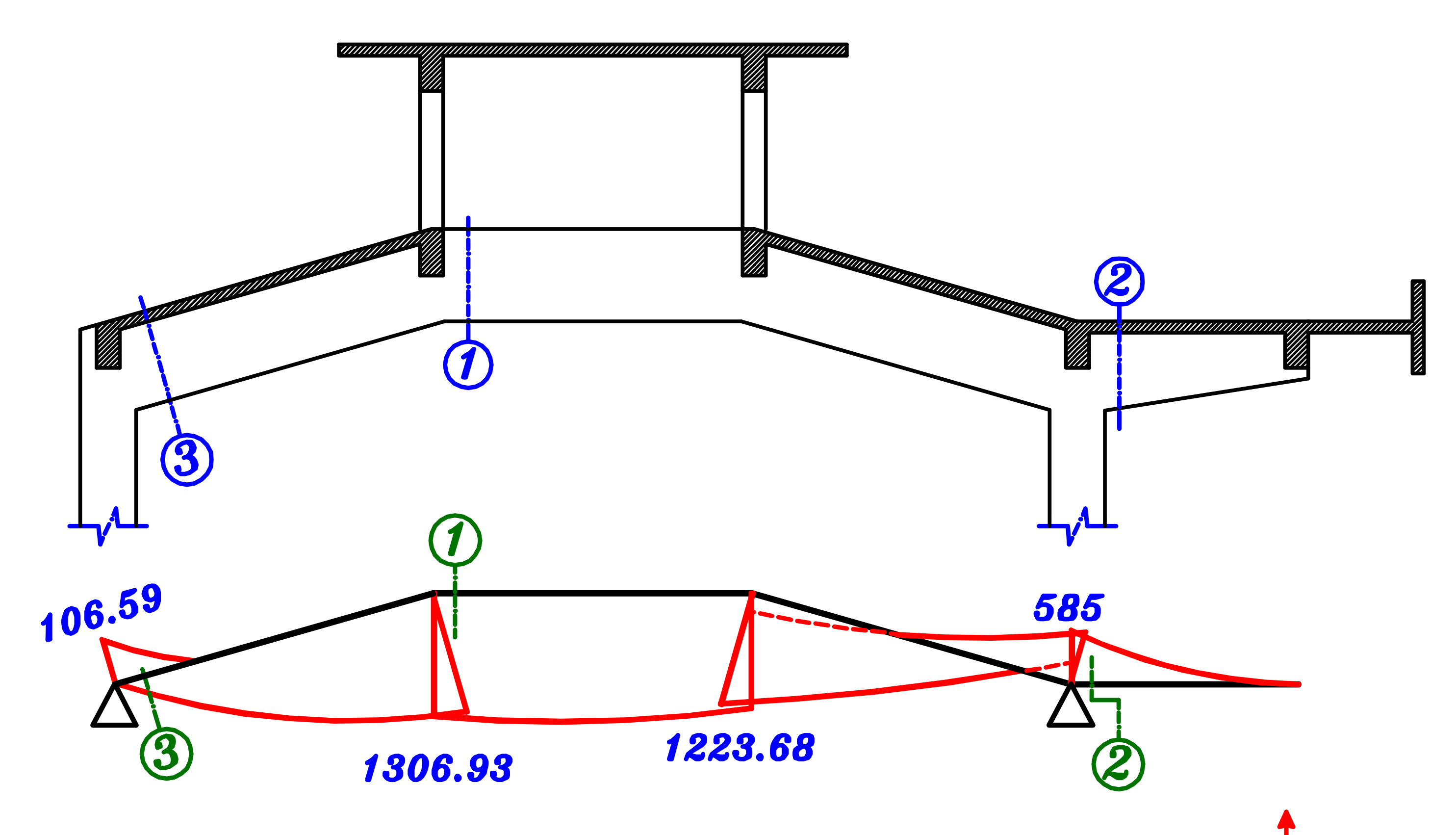




max–max B.M.D. For the Girder.



C – Design of the critical sections of the girder (G) to satisfy the bending and shear requirements using the given dimensions (using U.L.D.M.)



Sec. ① $M_{U.L.} = 1306.93$ kN.m $b = 350$ mm R–Sec.

Take $d = 0.95$ m (as given in Data.)

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} \quad \therefore 950 = C_1 \sqrt{\frac{1306.93 * 10^6}{25 * 350}} \rightarrow C_1 = 2.45 < 2.78$$

$\therefore$ We need to use $A_{s'}$

$$a_{max} = 0.8\left(\frac{2}{3}\right)\left[\frac{600}{600 + (F_y \backslash \gamma_s)}\right] * d = 0.35\, d = 0.35 * 950 = 332 \text{ mm}$$

$$M_{U.L._{max}} = \frac{2}{3}\frac{F_{cu}}{\gamma_c}\, a_{max}\, b\left(d - \frac{a_{max}}{2}\right)$$

$$= \frac{2}{3}\left(\frac{25}{1.5}\right)(332)(350)\left(950 - \frac{332}{2}\right)$$

$$= 1012231111 \text{ N.mm} = 1012.2 \text{ kN.m}$$

- Get $\triangle M = M_{U.L.} - M_{U.L._{max.}} = 1306.93 - 1012.2 = 294.73$ kN.m

- Get $A_{s`}$ From $\triangle M = A_{s`} \frac{F_y}{\gamma_s}(d - d`)$

$$294.73 * 10^6 = A_{s`} \left(\frac{360}{1.15}\right)(950 - 50) \longrightarrow A_{s`} = 1046.1 \ mm^2$$

5 ϕ 18

$$\mu_{max.} = 5 * 10^{-4} F_{cu} = 5 * 10^{-4} * 25 = 0.0125$$

From Code Page (4–6) Table (4–1)

$$\therefore A_s = \mu_{max.} b\, d + A_{s`} = (0.0125)(350)(950) + 1046.1$$

$$= 5202.35 \ mm^2$$

14 ϕ 22

- Check $\frac{A_{s`}}{A_s} = \frac{1046.1}{5202.35} = 0.201 < 0.40 \quad \therefore$ o.k.

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{350 - 25}{22 + 25} = 6.91 = 6.0 \ \text{bars}$$

Sec. ②

$M_{U.L.} = 585$ kN.m , $b = 350$ mm , R–Sec.

Take $d = 0.95$ m (as given in Data.)

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} \quad \therefore 950 = C_1 \sqrt{\frac{585 * 10^6}{25 * 350}} \longrightarrow C_1 = 3.67 \longrightarrow J = 0.789$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{585 * 10^6}{0.789 * 360 * 950} = 2167.9 \ mm^2$$

- Check $A_{s_{min.}}$ $\quad A_{s_{req.}} = 2167.9 \ mm^2$

$$\mu_{min.} b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 350 * 950 = 1039.0 \ mm^2$$

$$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.} b\, d \quad \therefore \text{Take } A_s = A_{s_{req.}} = 2167.9 \ mm^2$$



Sec. ③

$M_{U.L.} = 106.59$ kN.m, $b = 350$ mm , R–Sec.

Take $d = 0.95$ m (as given in Data.)

$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} \quad \therefore 950 = C_1 \sqrt{\frac{106.59 * 10^6}{25 * 350}} \rightarrow C_1 = 8.6 \rightarrow J = 0.826$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{106.59 * 10^6}{0.826 * 360 * 950} = 377 \text{ mm}^2$$

Check $A_{s_{min.}}$ $\quad A_{s\ req.} = 377 \text{ mm}^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 350 * 950 = 1039.0 \text{ mm}^2$$

$$\therefore \mu_{min.}\, b\, d > A_{s_{req.}} \xrightarrow{\text{Use}} A_{s_{min.}}$$

$$A_{s_{min.}} = 0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y} b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 350 * 950 = 1039.0$$

$$1.3\, A_{s_{req.}} = 1.3 * 377 = 490.1$$

الأقل $= 490.1$

st. 360/520 $\quad \frac{0.15}{100} b\, d = \frac{0.15}{100} * 350 * 950 = 498.7$

الأكبر $= 498.7 \text{ mm}^2$

$2\phi 18$

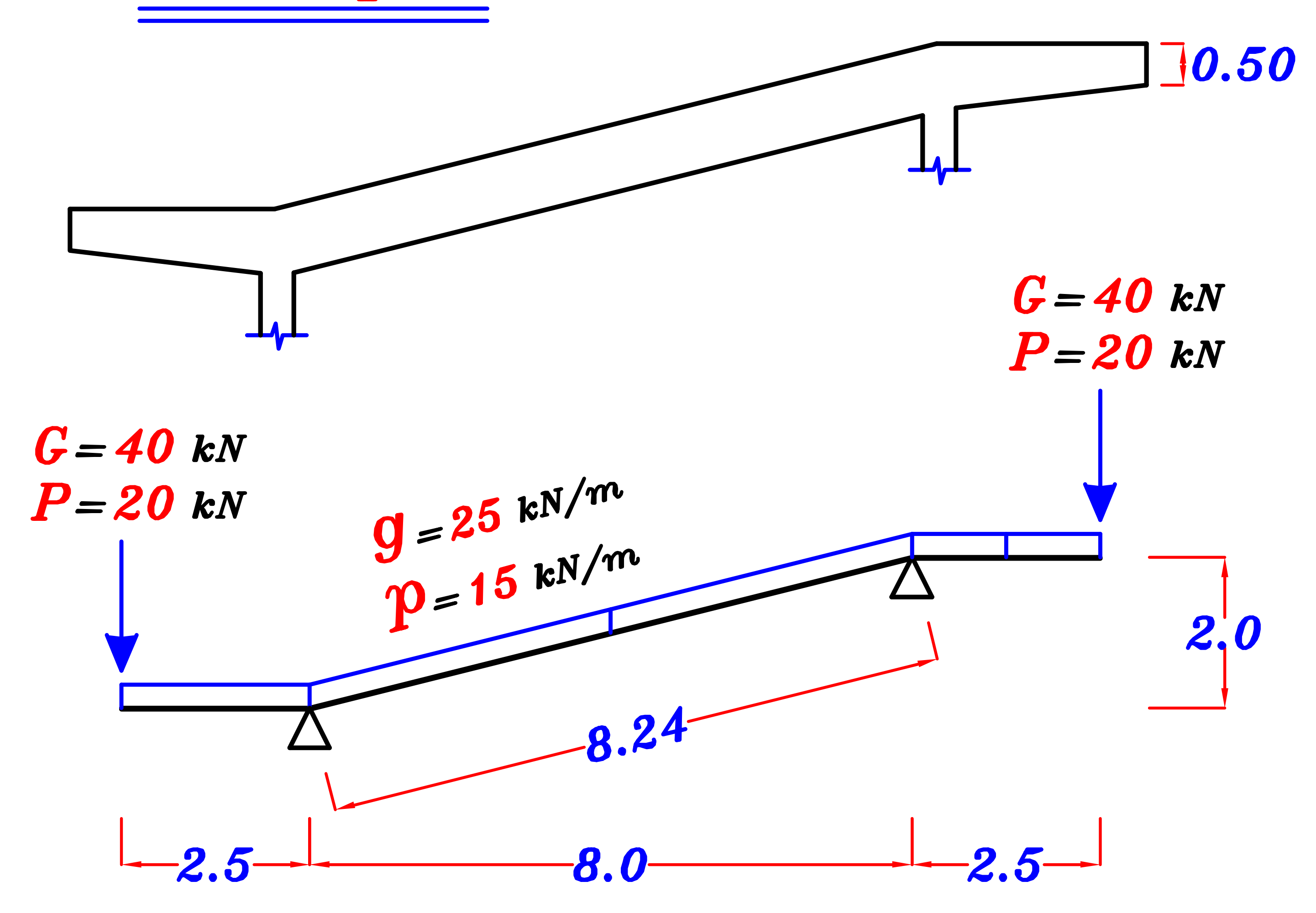
RFT. of the Girder.

Sec. (1–1)

Sec. (2–2)

Sec. (3–3)

Example.



Data.

b (Girder) = 250 mm

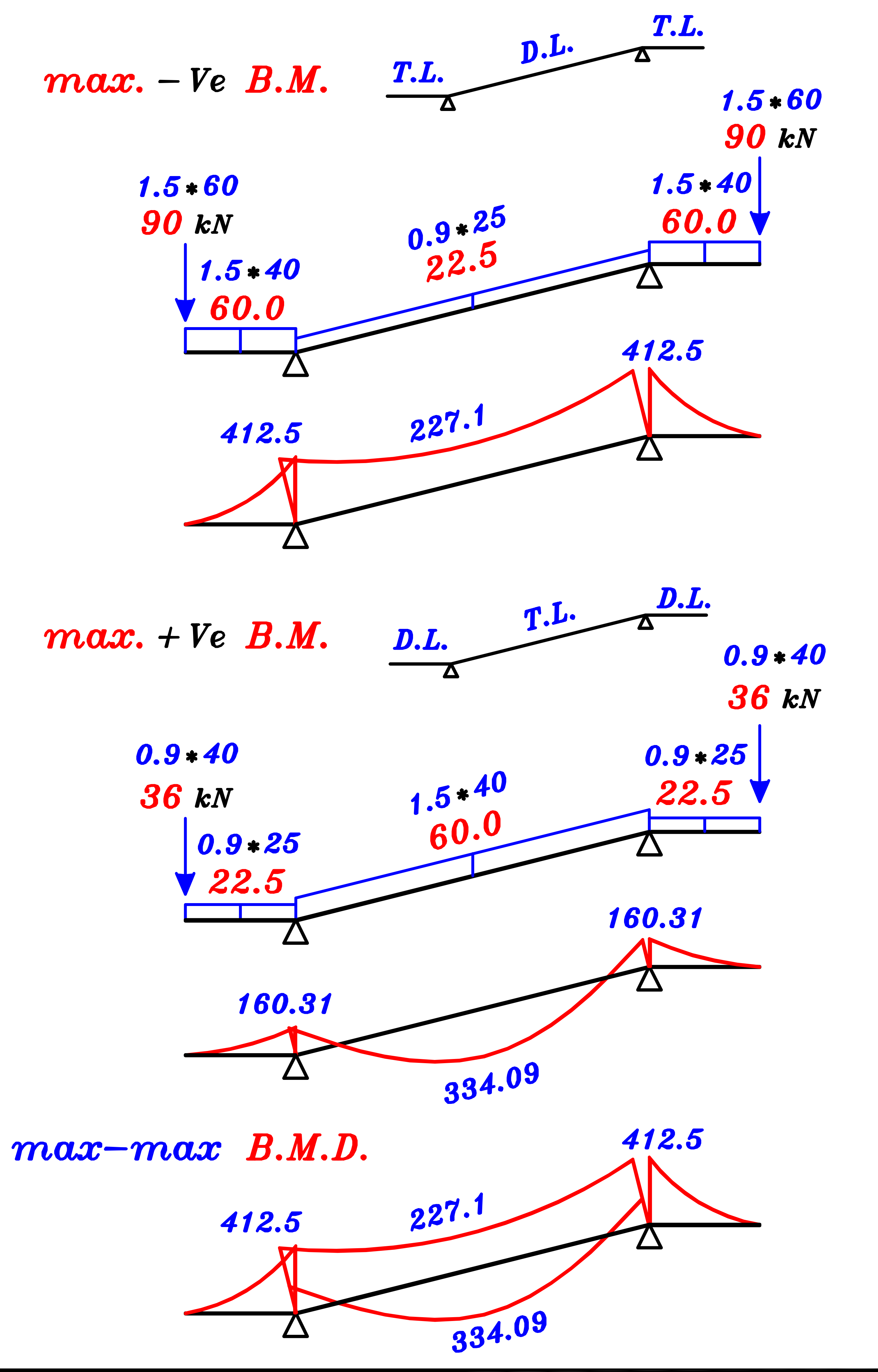
F_{cu} = 25 N\mm^2 , F_y = 360 N\mm^2

Req.

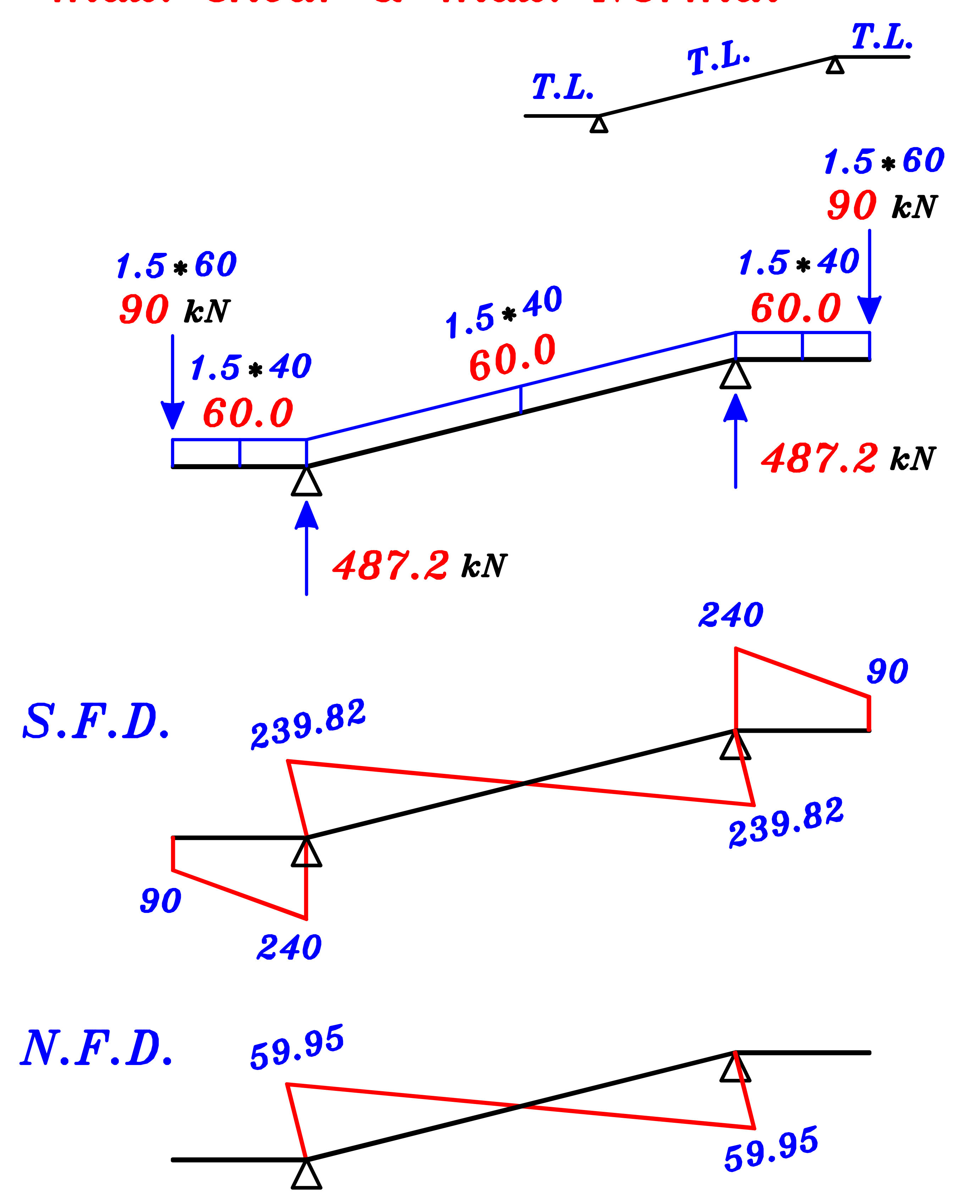
1- Draw max-max B.M.D. , S.F.D. & N.F.D. For the Girder.

2- Design the Girder.
using U.L. design method in bending and shear.

3- Draw Details of RFT. For Girder. and Draw Details of RFT.
in elevation to scale 1:50 and cross-section to scale 1:10
making curtailment of steel using Moment of Resistance Method.


max. − Ve B.M.
T.L.
D.L.
T.L.
1.5*60
90 kN
1.5*40
60.0
0.9*25
22.5
1.5*40
60.0
1.5*60
90 kN
412.5
227.1
412.5
max. + Ve B.M.
D.L.
T.L.
D.L.
0.9*40
36 kN
0.9*25
22.5
1.5*40
60.0
0.9*25
22.5
0.9*40
36 kN
160.31
160.31
334.09
max−max B.M.D.
412.5
227.1
412.5
334.09

max. shear & max. Normal

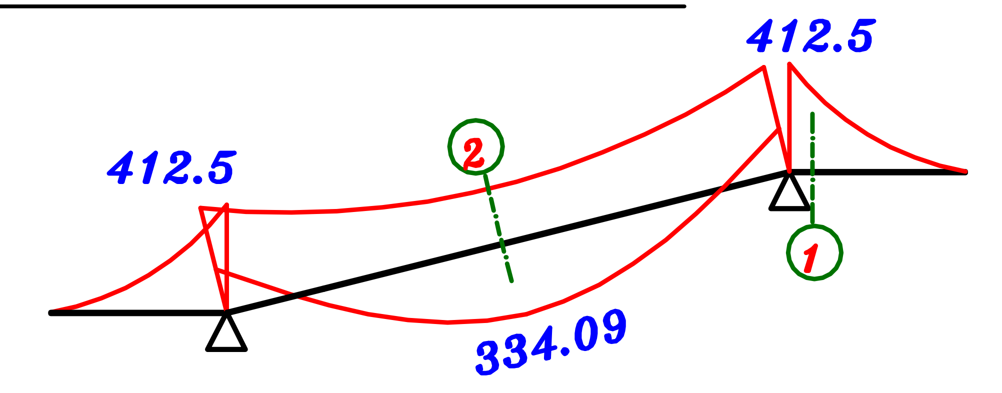


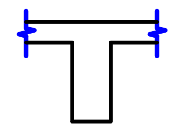
Neglect The Normal Force in Design sections

من الممكن اهمال قوى الضغط و الشد فى التصميم لان قيمتها صغيره .

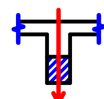
و لكن الادق أن نصممهم على M , P و M , T (فى العمل).

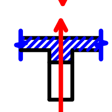
Design of sections due to Bending.





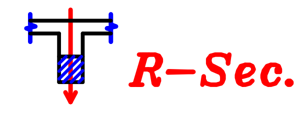
لان منسوب البلاطه غير معطى سنفرض أن منسوب البلاطه أعلى الكمره

Sec. ① $M_{U.L.} = 412.5$ kN.m R−Sec. 

Sec. ② $M_{U.L.} = 334.09$ kN.m T−Sec. 

$\because M_T < 2\,M_R \quad \therefore$ Design R−Sec. at First.

Sec. ①

$M_{U.L.} = 412.5$ kN.m  R−Sec.

− Take $C_1 = 3.50 \longrightarrow J = 0.78$

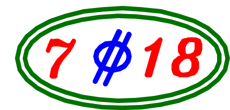
− Get $d = C_1 \sqrt{\dfrac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} = 3.50 \sqrt{\dfrac{412.5 * 10^6}{25 * 250}} = 899.1$ mm

− Take $d = 900$ mm , $t = 950$ mm

− Get $A_s = \dfrac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \dfrac{412.5 * 10^6}{0.78 * 360 * 899.1} = 1633.8\ mm^2$

− Check $A_{s_{min.}}$ $\quad A_{s_{req.}} = 1633.8\ mm^2$

$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \dfrac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \dfrac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 900 = 703.1\ mm^2$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d \quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 1633.8\ mm^2$ 

$\therefore n = \dfrac{b - 25}{\phi + 25} = \dfrac{250 - 25}{18 + 25} = 5.23 = 5.0$ bars

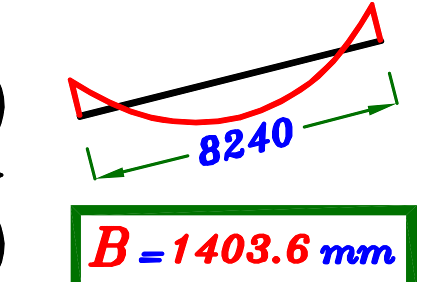
Stirrup Hangers $= (0.1 \rightarrow 0.2)\, A_s = (0.1 \rightarrow 0.2)\, 1633.8$ 

Sec. ②

$M_{U.L.} = 334.09$ kN.m T-Sec.

Take $d = 0.90$ m (The same d of Sec. ①)

$$B = \begin{cases} C.L. - C.L. = & \text{لا توجد معلومات فى المسأله لحسابه} \\ 16\,t_s + b = & \text{لا توجد معلومات فى المسأله لحسابه} \\ K\frac{L}{5} + b = 0.7 * \frac{8240}{5} + 250 = 1403.6 \text{ mm} & \end{cases}$$



$$\because d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\,B}} \quad \therefore 900 = C_1 \sqrt{\frac{334.09 * 10^6}{25 * 1403.6}} \longrightarrow C_1 = 9.22 \longrightarrow J = 0.826$$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\,F_y\,d} = \frac{334.09 * 10^6}{0.826 * 360 * 900} = 1248.3 \text{ mm}^2$$

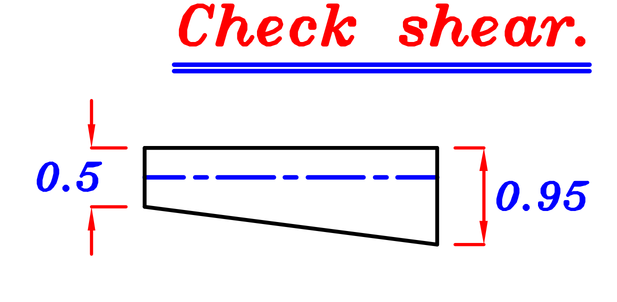
- Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 1248.3$ mm^2

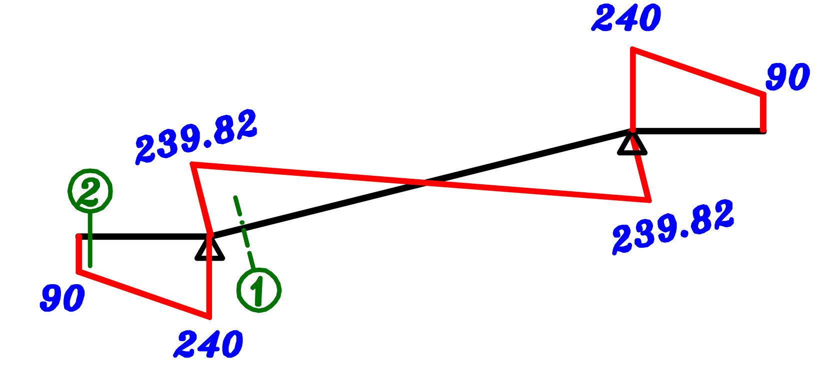
$$\mu_{min.}\,b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 250 * 900 = 703.1 \text{ mm}^2$$

$$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\,b\,d \quad \therefore \text{Take } A_s = A_{s_{req.}} = 1248.3 \text{ mm}^2$$

5 ϕ 18

Check shear.





- Allowable shear stress.

- $q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.24\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98 \ N\backslash mm^2$

- $q_{max.} = 0.70\sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} = 0.70\sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.85 \ N\backslash mm^2$

Sec. ①

- Actual shear stress.

$$\therefore q_U = \frac{Q_{max}}{b\,d} = \frac{239.82 * 10^3}{250 * 900} = 1.065 \ N\backslash mm^2$$

$\therefore q_{cu} < q_U < q_{max.}$ $\therefore$ We need Stirrups more Than $5\phi 8\backslash m'$

$\therefore$ Use $q_s = q_u - \frac{q_{cu}}{2} = \frac{n\,A_s (F_y\backslash\gamma_s)}{b \ \ S}$

* Take $n = 2$, $\phi\ 8 \longrightarrow A_s = 50.3 \ mm^2$

$$1.065 - \frac{0.98}{2} = \frac{2 * 50.3 \ (240\backslash 1.15)}{250 * S} \longrightarrow S = 146.05 \ mm > 100 \ mm$$

$\therefore$ No. of stirrups$\backslash m' = \frac{1000}{S} = \frac{1000}{146.05} = 6.84 = 7 \ \backslash m'$

$\therefore$ Use Stirrups $\boxed{7\phi 8\backslash m'}$ 2 branches

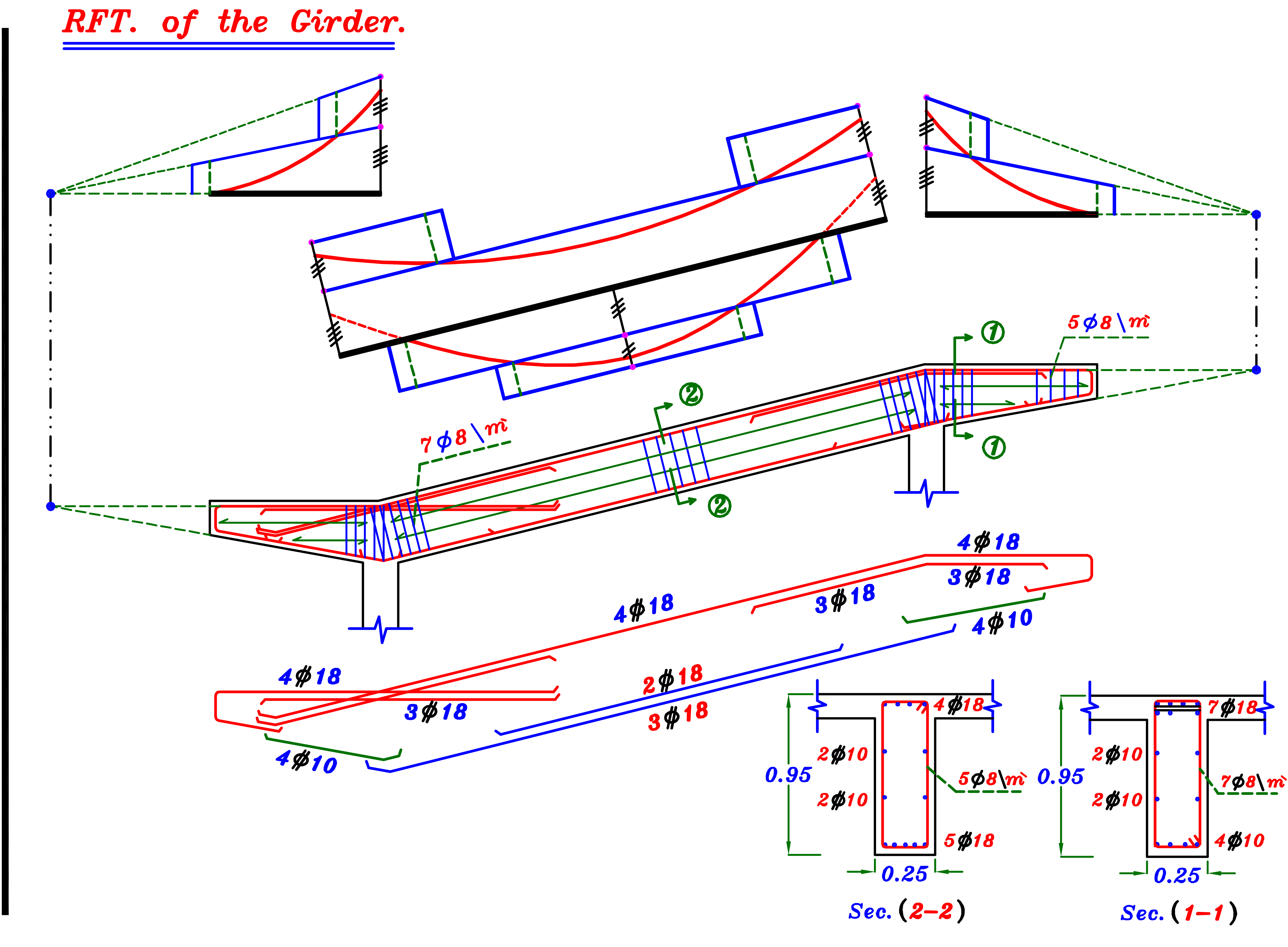
Sec. ②

- Actual shear stress.

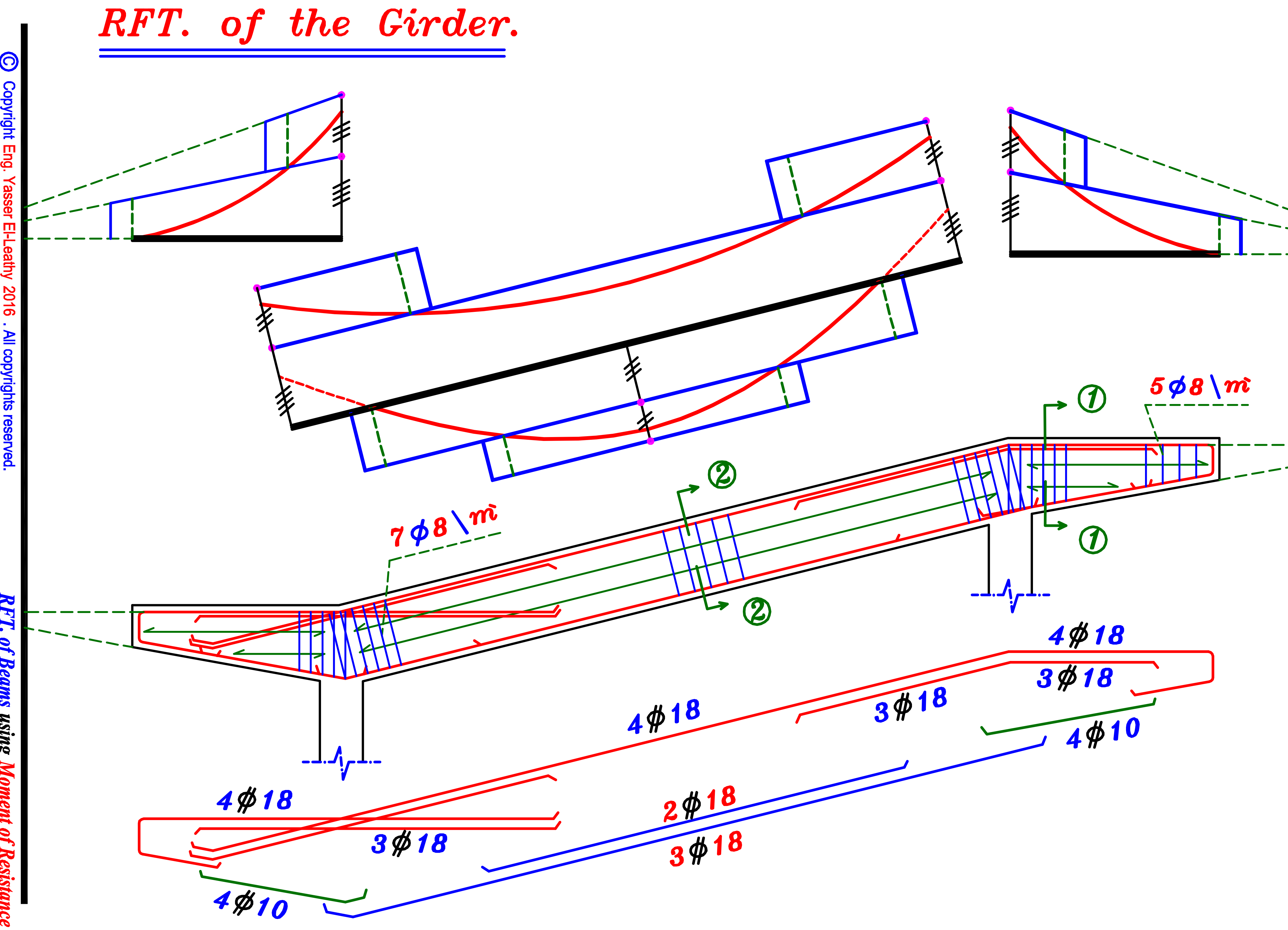
$$\therefore q_U = \frac{Q}{b\,d} - \frac{M \tan\beta}{b \ d^2} = \frac{90.0 * 10^3}{250 * 450} - Zero = 0.80 \ N\backslash mm^2$$

$\therefore q_U < q_{cu} \longrightarrow$ Use min. stirrups $\boxed{5\phi 8\backslash m'}$

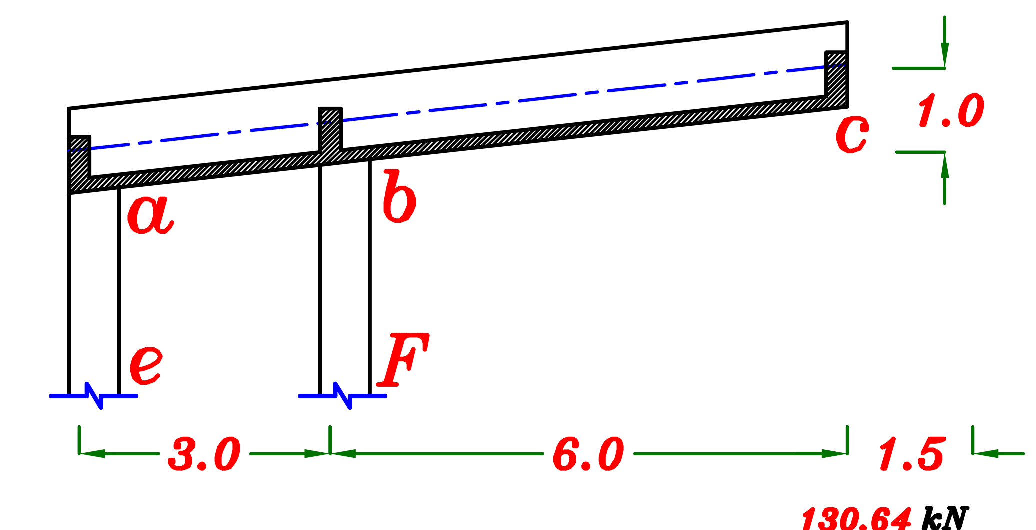
RFT. of the Girder.



RFT. of the Girder.



Example.





63.06 kN
116.97 kN
130.64 kN
17.7 kN\m`
26.82 kN\m`
a
b
c
1.0
3.0
6.0

Data.

F_{cu} = 30 N\mm²

F_y = 360 N\mm²

t_s = 140 mm

b (Girder) = 350 mm

t_{max} (Girder) = 1.0 m

Spacing = 6.0 m

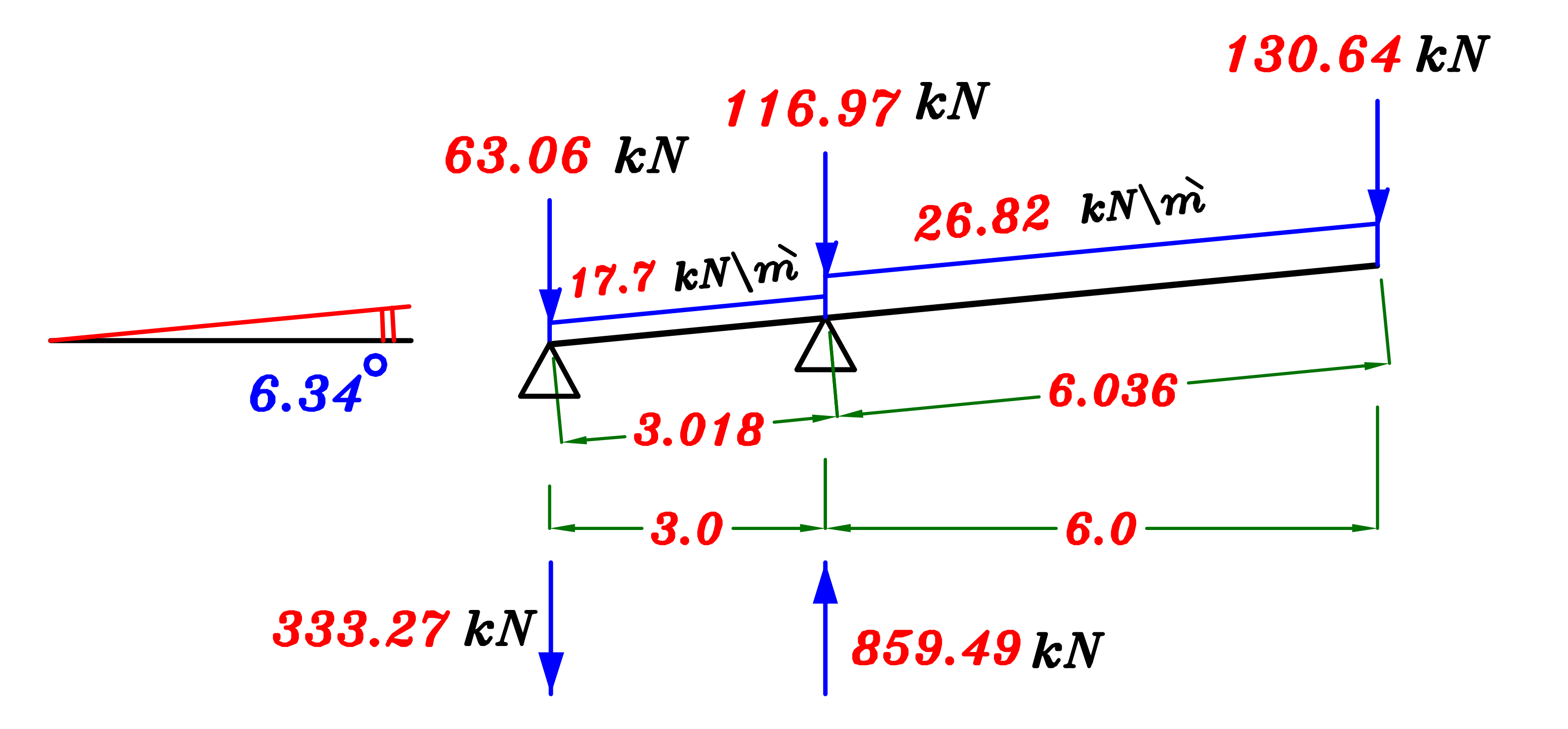
Req.

For the Girder ((a b c))

1 - Draw the B.M.D. & S.F.D. (Case of Total Load only)

2 - Design all critical sections using U.L.D.M. in bending.

3 - Draw the details of reinforcement For girder (G) in elevation to Scale 1:50 and cross sections to Scale 1:10 making curtailment of steel using Moment of Resistance Method.



لان الميل قليل جدا فمن الممكن اهمال N.F. على ال Girder

B.M.D.
(working)

1269.49

$\frac{w_{LL}`}{16} = 10.01$

B.M.D.
(U.L.D.)

1904.24

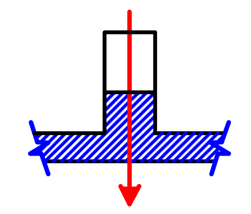
2

1

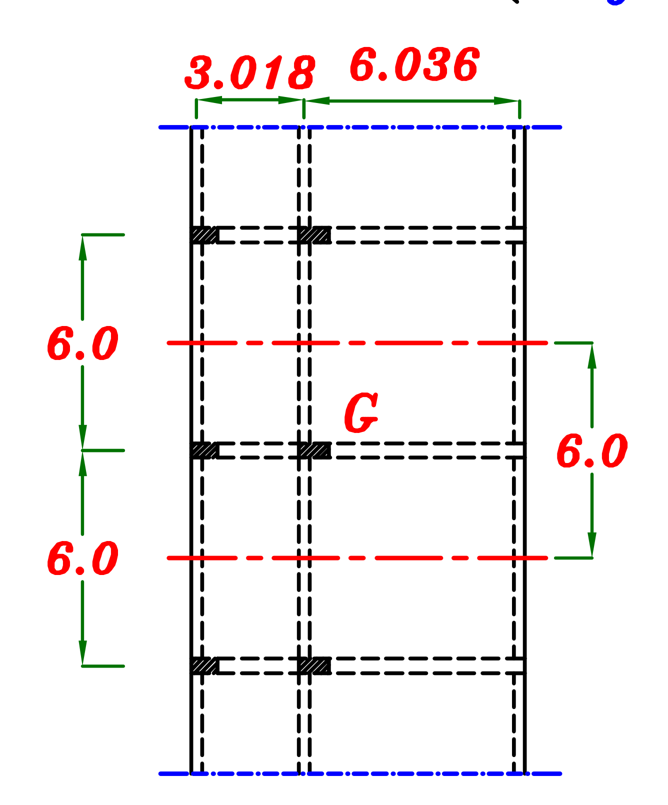
$\frac{w_{LL}`}{16} = 15.015$

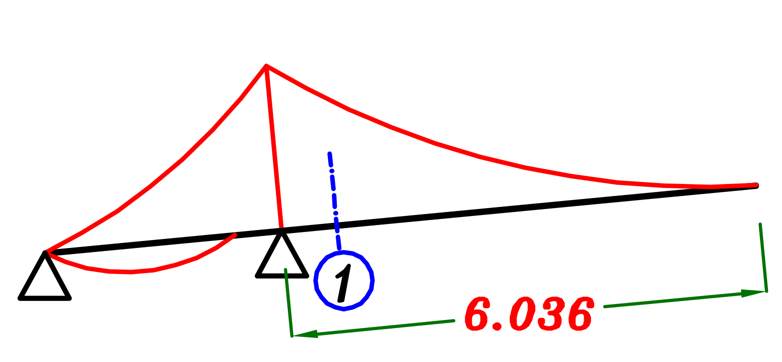
Design the girder.

Sec. ① $M_{U.L.} = 1904.24$ kN.m T–Sec.



Take $d = 0.95$ m (as given in Data.)





$$B = \begin{cases} C.L.-C.L. = Spacing = 6.0\ m = 6000\ mm \\ 16\, t_s + b = 16 * 140 + 350 = 2590\ mm \\ K\frac{L}{5} + b = 2.0 * \frac{6036}{5} + 350 = 2764.4\ mm \end{cases}$$

كمره مقلوبه
$K = 2.0$

$B = 2590$ mm

$$\because\ d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, B}} \quad \therefore\ 950 = C_1 \sqrt{\frac{1904.24 * 10^6}{30 * 2590}} \longrightarrow C_1 = 6.068 \longrightarrow J = 0.826$$

$$\therefore\ A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d} = \frac{1904.24 * 10^6}{0.826 * 360 * 950} = 6740.8\ mm^2$$

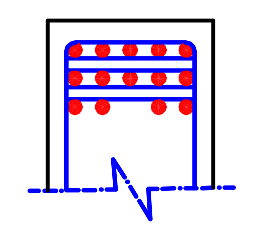
– Check $A_{s_{min.}}$ $A_{s_{req.}} = 6740.8\ mm^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{30}}{360}\right) 350 * 950 = 1138.2\ mm^2$$

$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.} b\ d \quad \therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 6740.8\ mm^2$



$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{350 - 25}{25 + 25} = 6.50 = 6.0$ bars

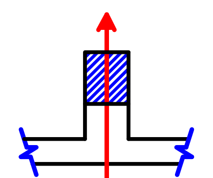


Stirrup Hangers $= (0.1 \rightarrow 0.2)\ A_s$

$= (0.1 \rightarrow 0.2)\ 6740.8$



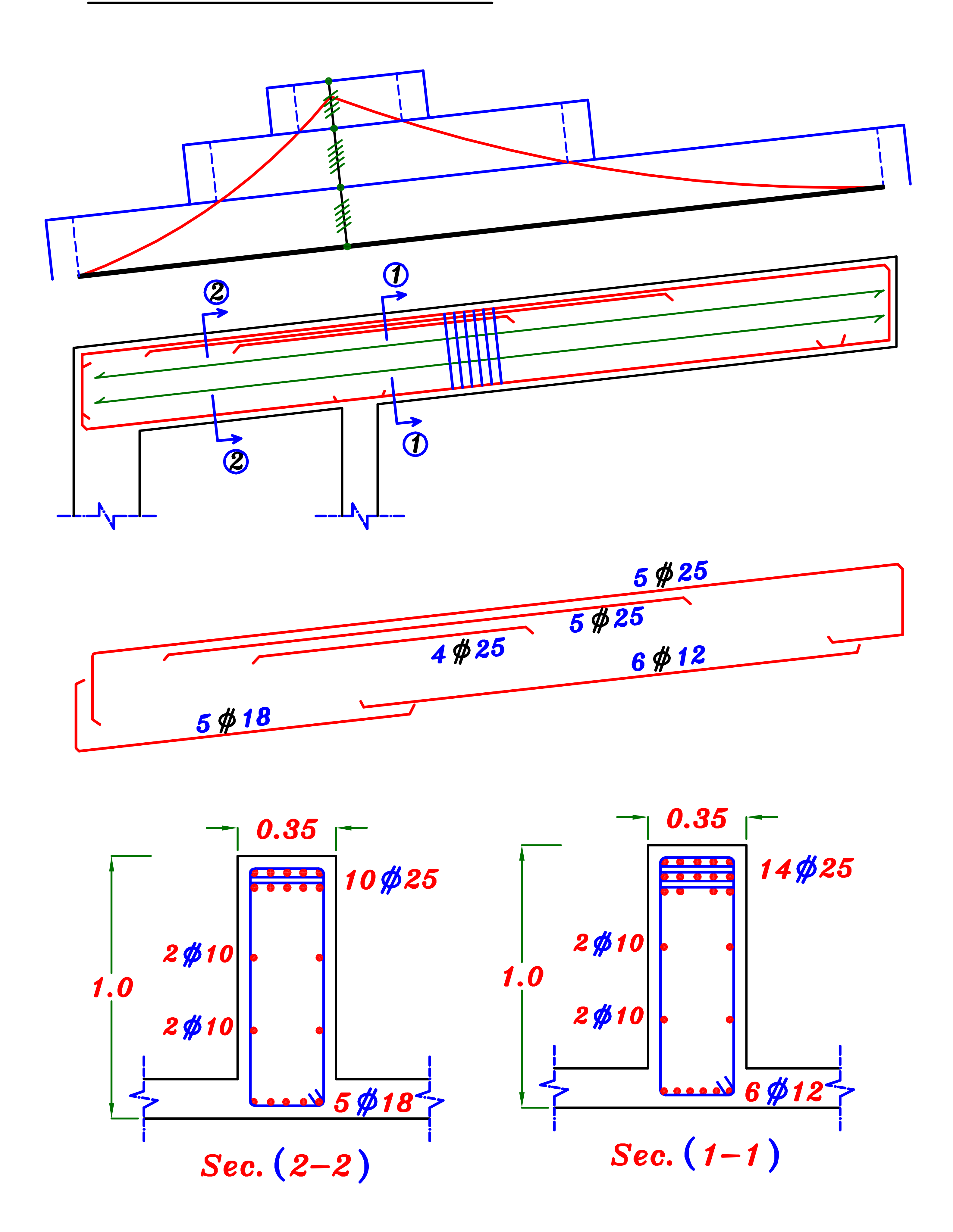
Sec. ② $\quad M_{U.L.} = 15.015$ kN.m $\quad$ R−Sec.



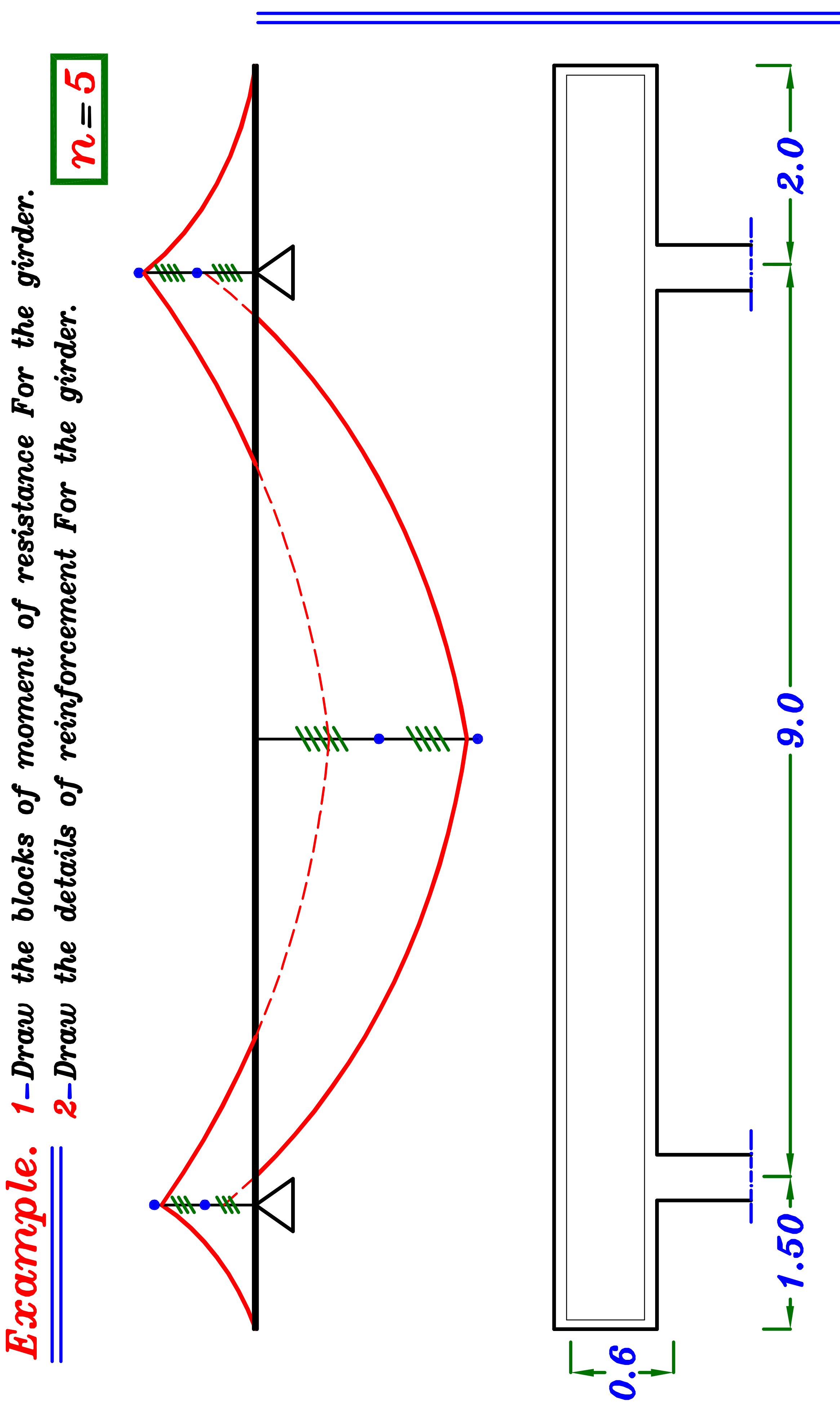
Take $= A_s = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\ d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{30}}{360}\right) 350 * 950$

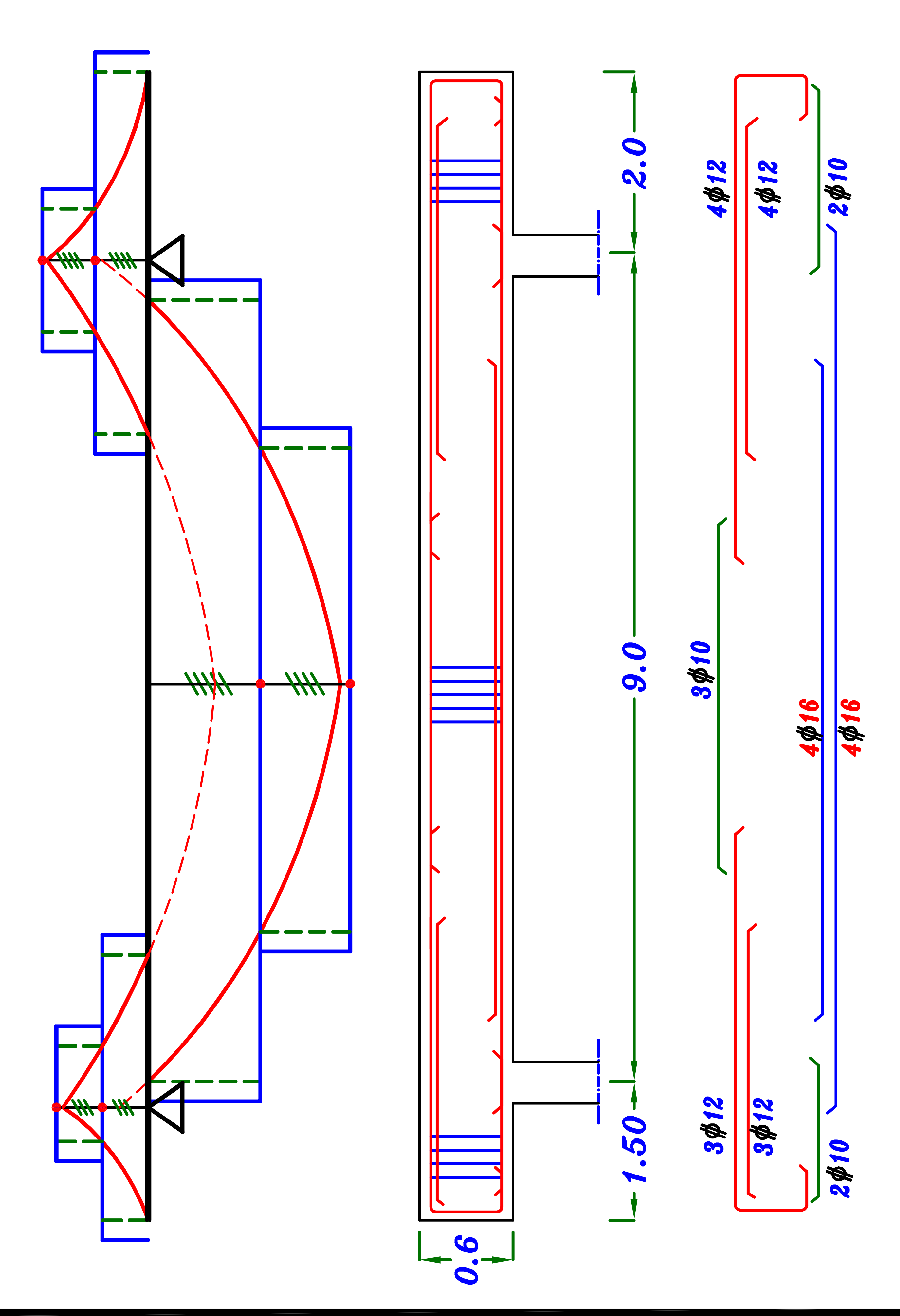
$= 1138.2\ mm^2$ $\quad$ 5 ϕ 18

RFT. of Girder ((a b c))



Training on Drawing Moment of Resistance.



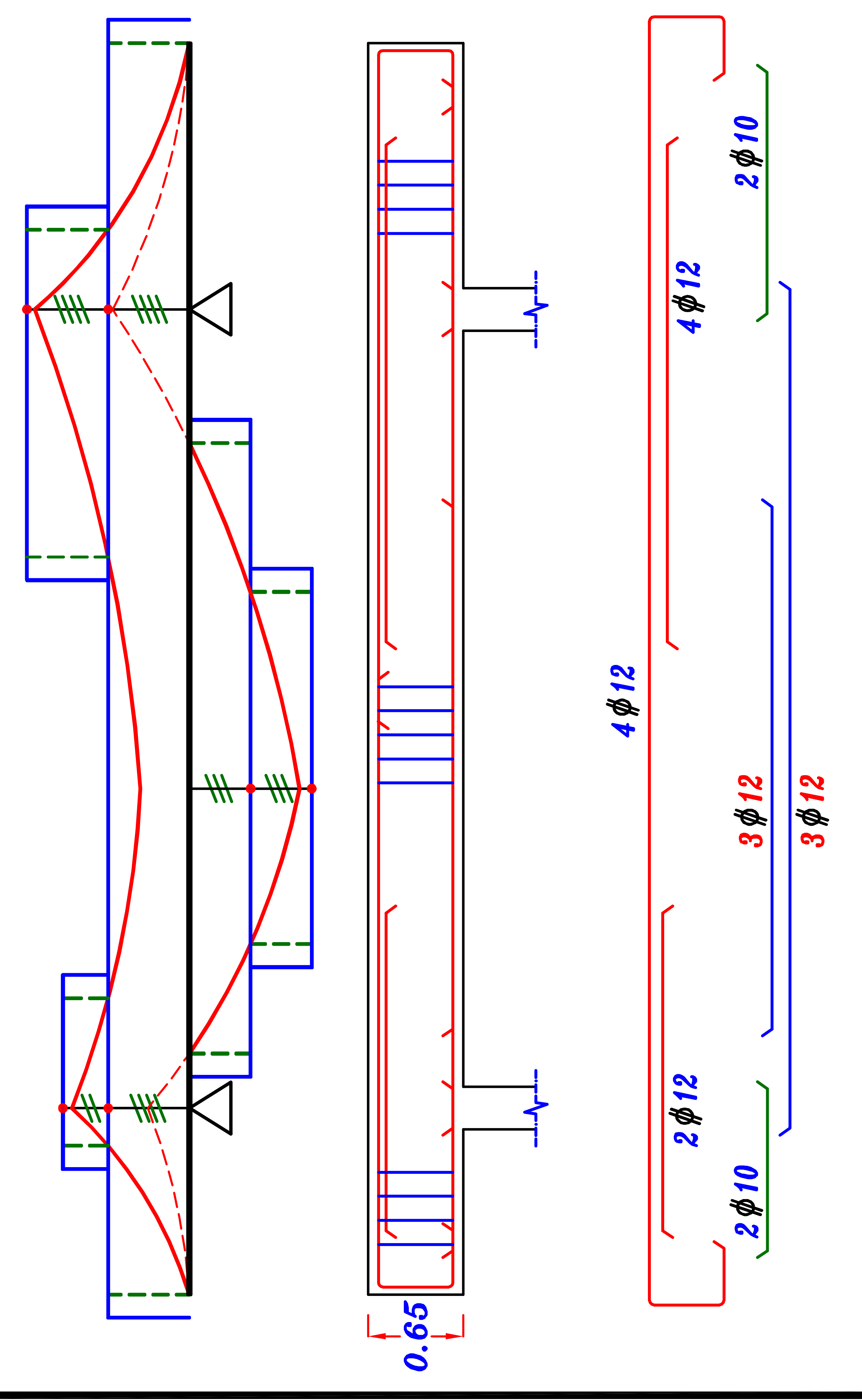


2.0
9.0
1.50
0.6
4φ12
4φ12
2φ10
3φ10
4φ16
4φ16
3φ12
3φ12
2φ10

Example. 1-Draw the blocks of moment of resistance For the girder.
2-Draw the details of reinforcement For the girder.

$n = 6$

0.65



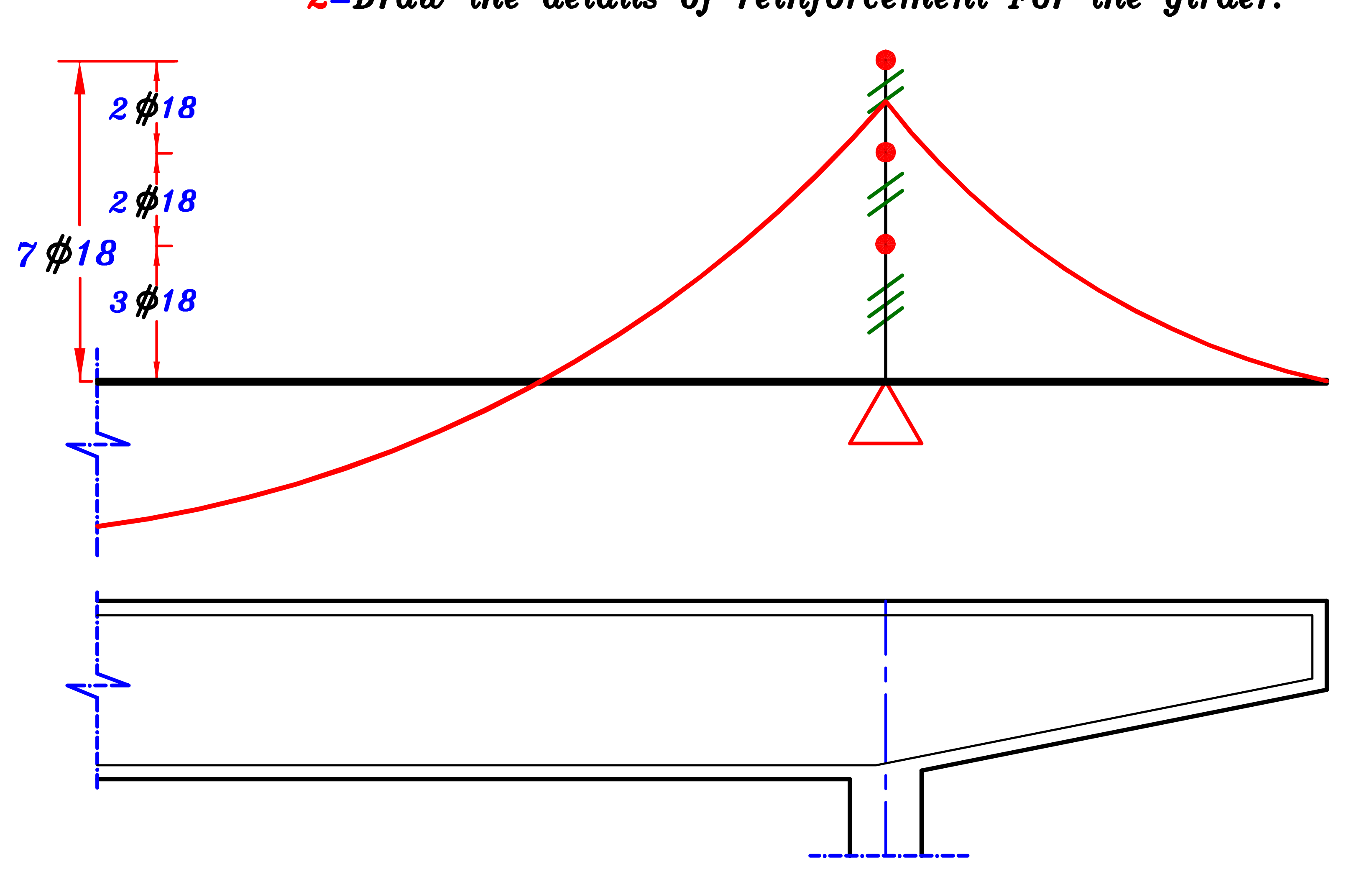
2φ10
4φ12
4φ12
3φ12
3φ12
2φ12
2φ10
0.65

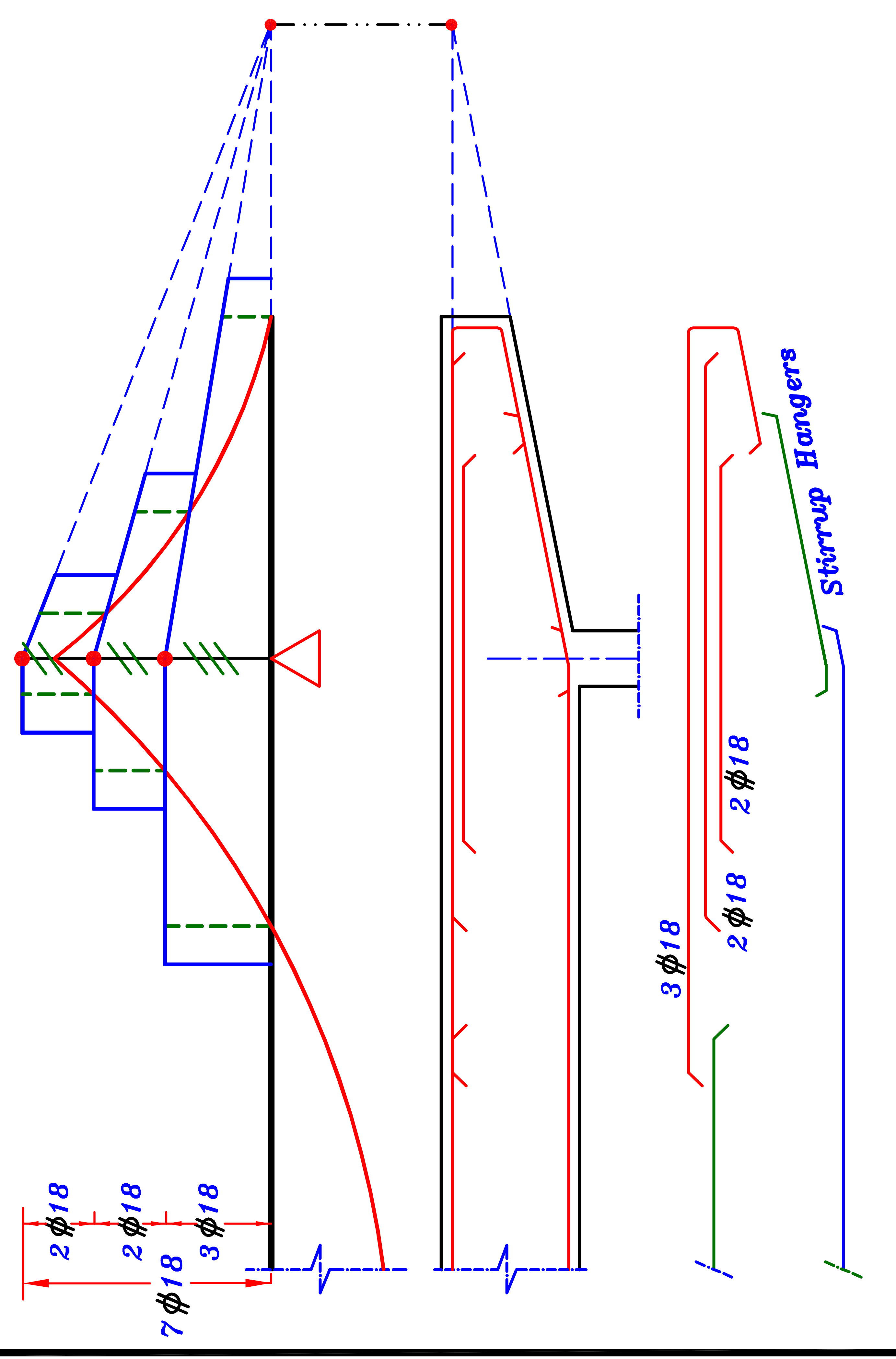
Example.

1- Draw the blocks of moment of resistance For the girder.

2- Draw the details of reinforcement For the girder.

$n = 5$



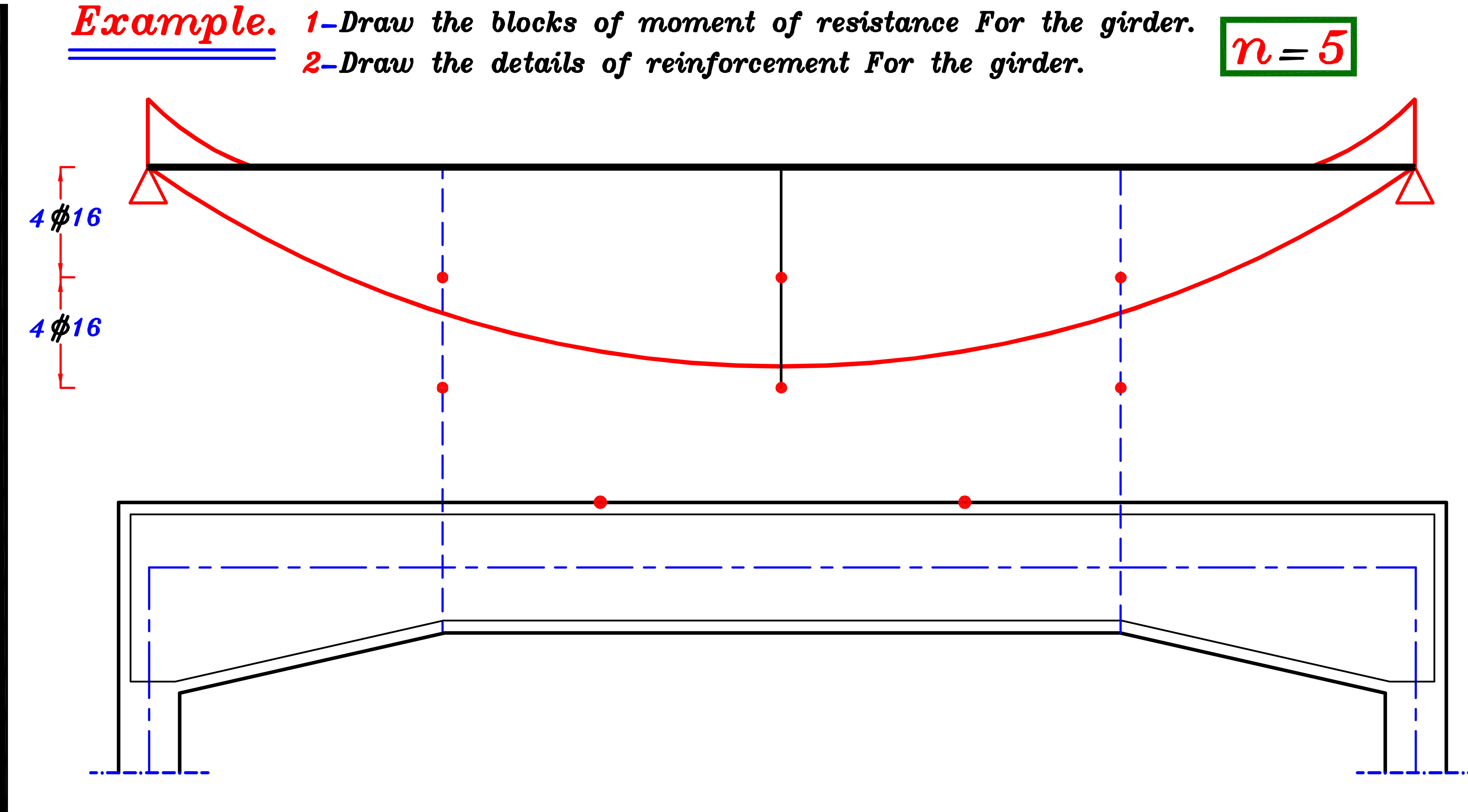

2 ϕ18
2 ϕ18
3 ϕ18
7 ϕ18
3 ϕ18
2 ϕ18
2 ϕ18
Stirrup Hangers

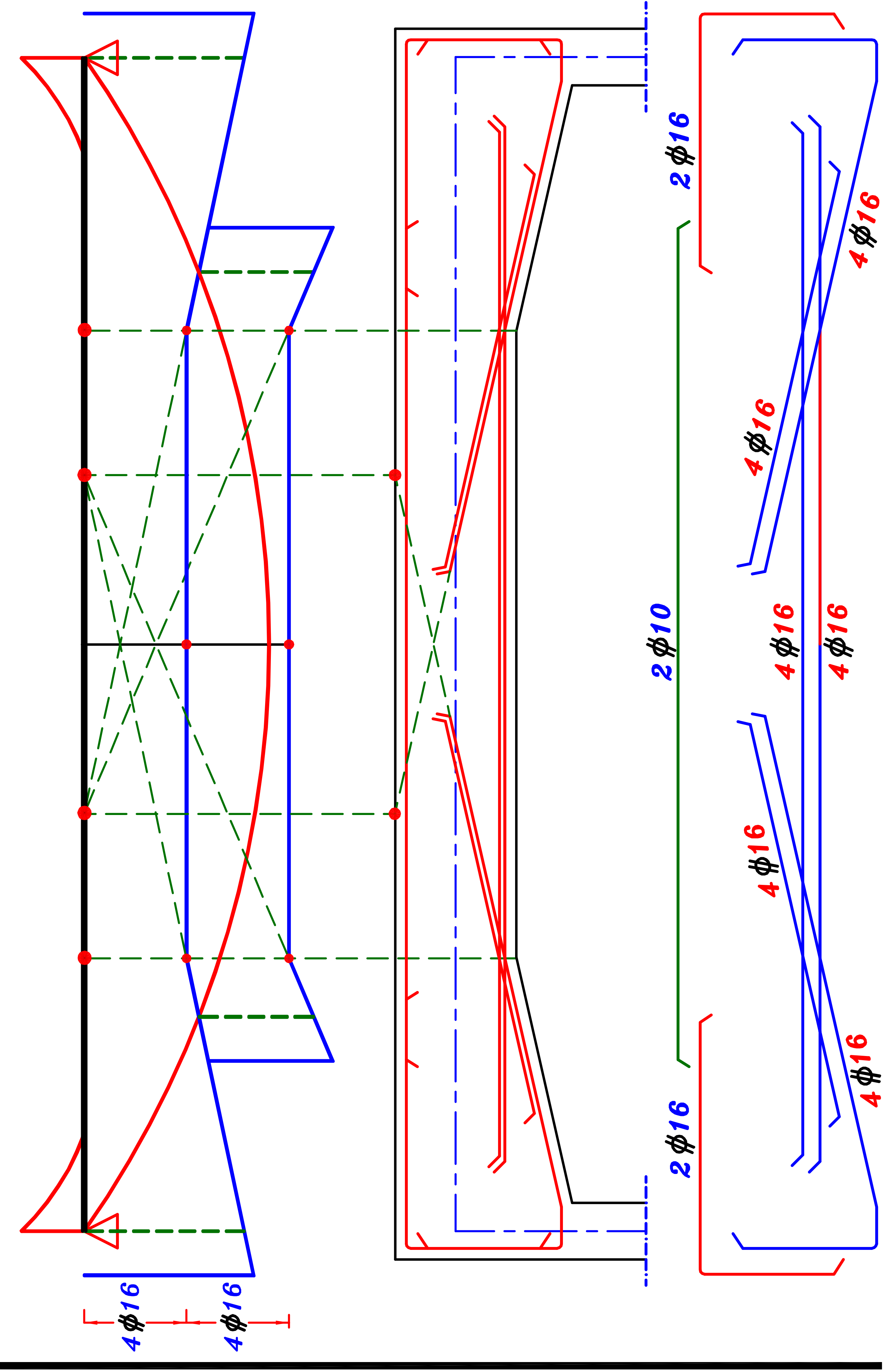
Example.

1- Draw the blocks of moment of resistance For the girder.

2- Draw the details of reinforcement For the girder.

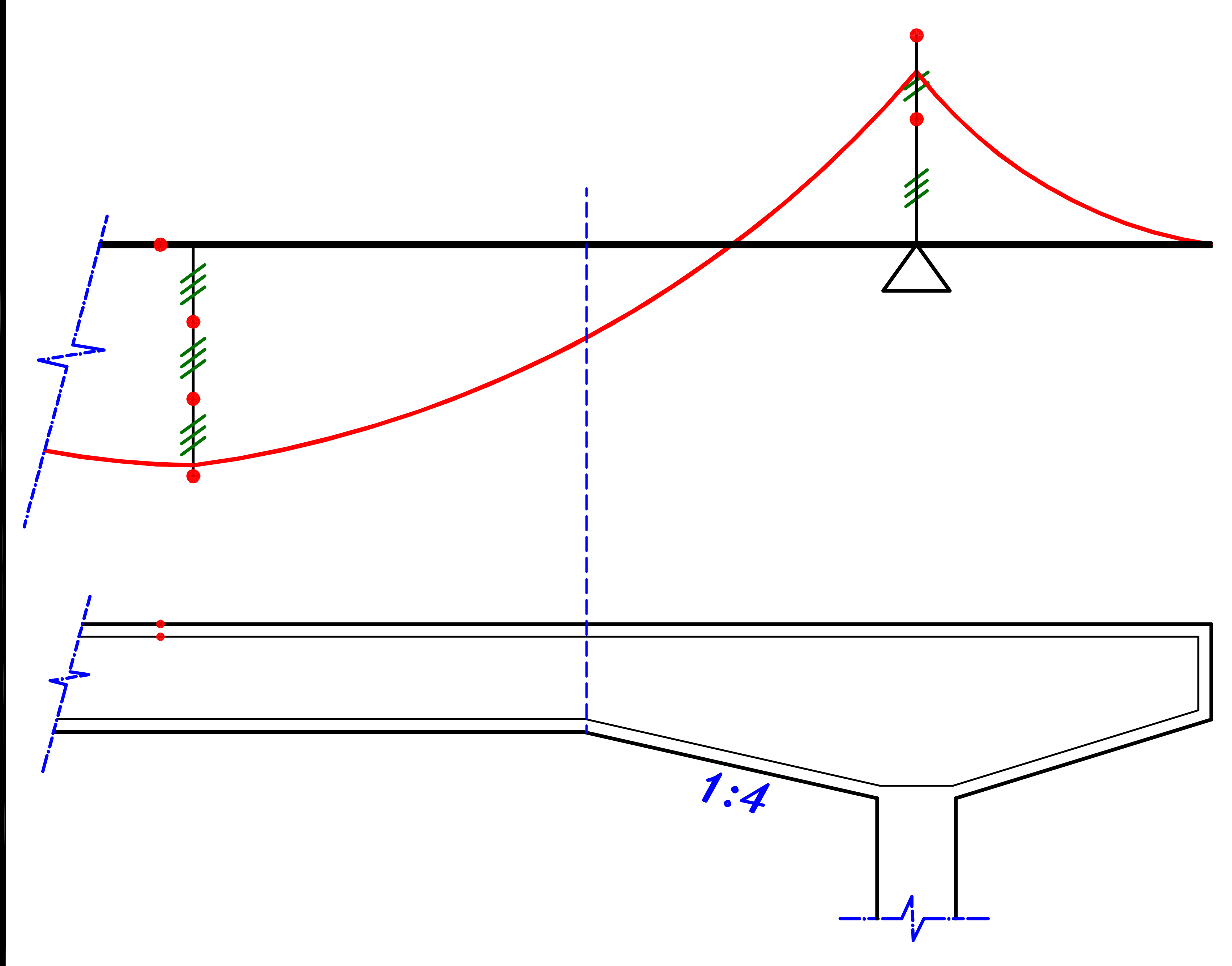
$n = 5$

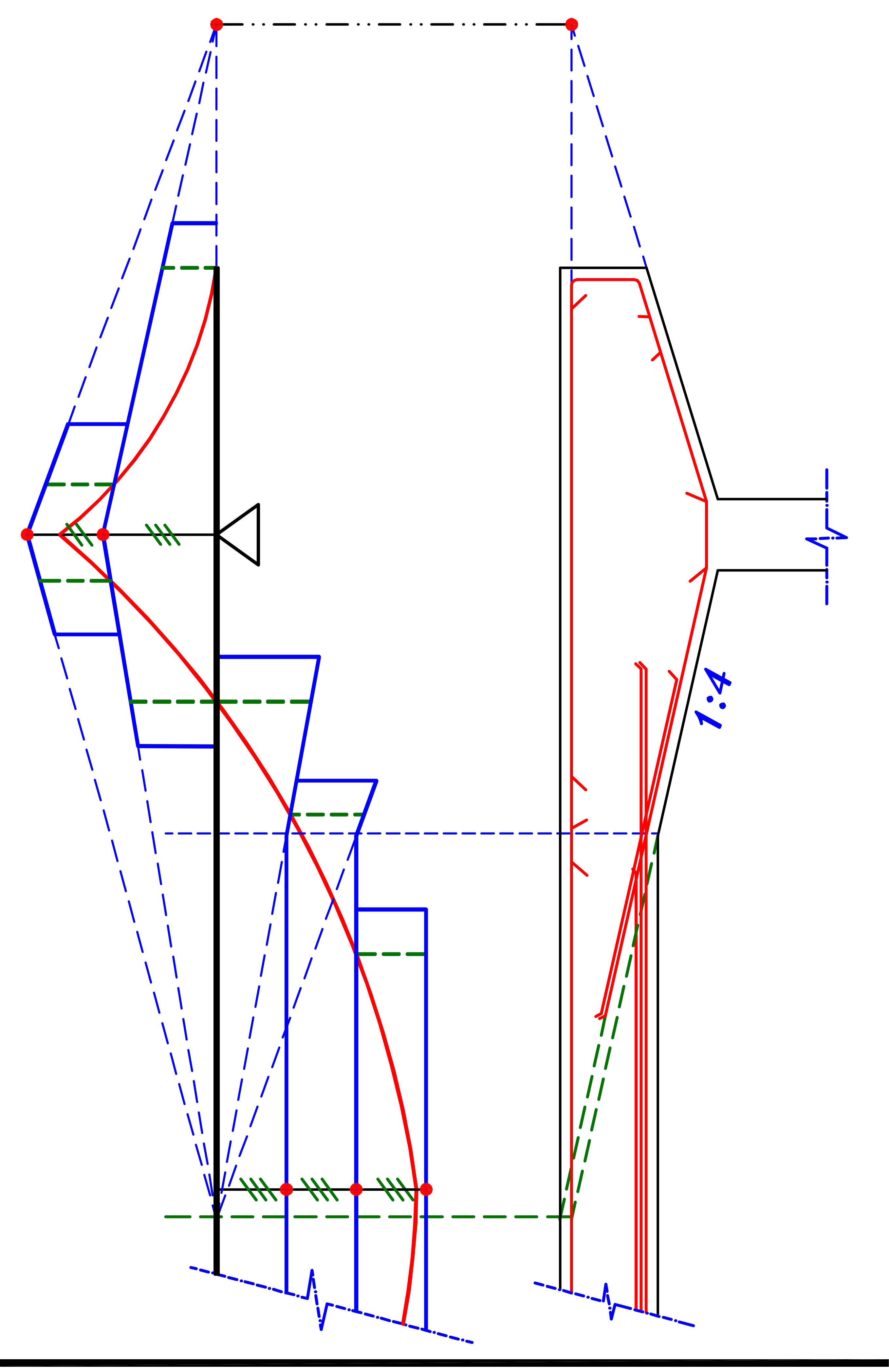


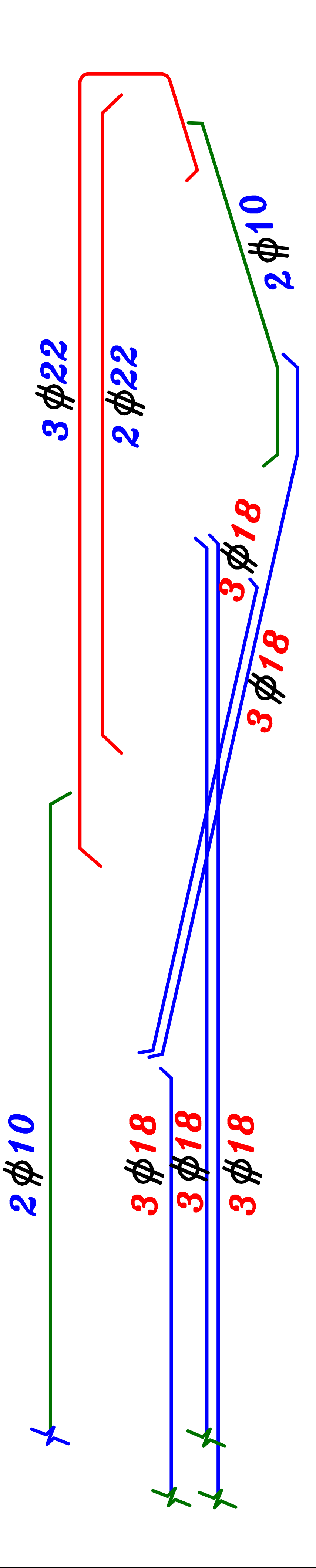

2 ϕ16
4 ϕ16
4 ϕ16
2 ϕ10
4 ϕ16
4 ϕ16
4 ϕ16
4 ϕ16
2 ϕ16
4 ϕ16
4 ϕ16

Example. 1- Draw the blocks of moment of resistance For the girder.
2- Draw the details of reinforcement For the girder.

$n = 5$




1:4

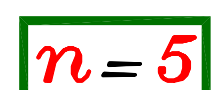


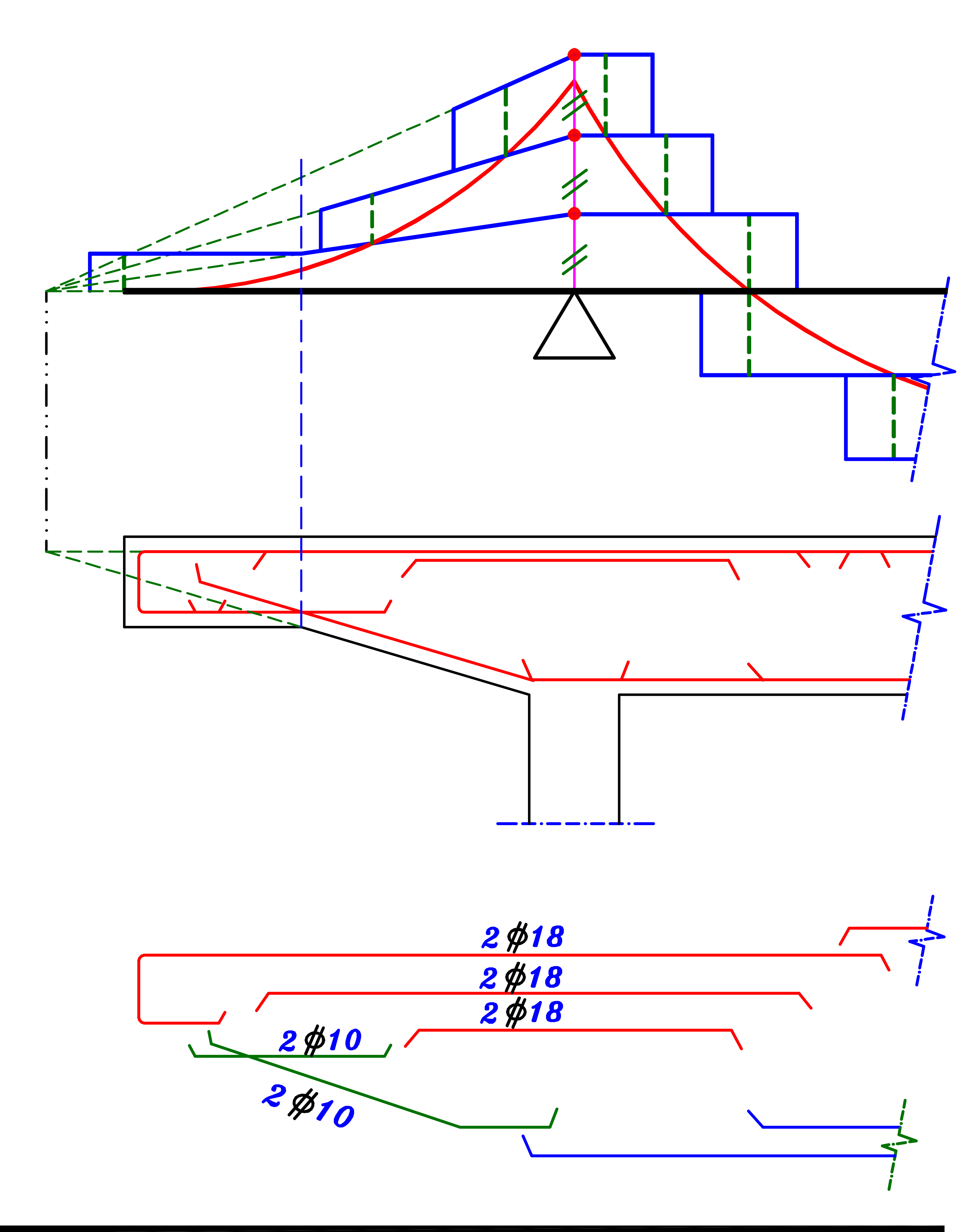
2 Φ10
3 Φ22
2 Φ22
3 Φ18
3 Φ18
2 Φ10
3 Φ18
3 Φ18
3 Φ18

Example.

1- Draw the blocks of moment of resistance For the girder.

2- Draw the details of reinforcement For the girder.



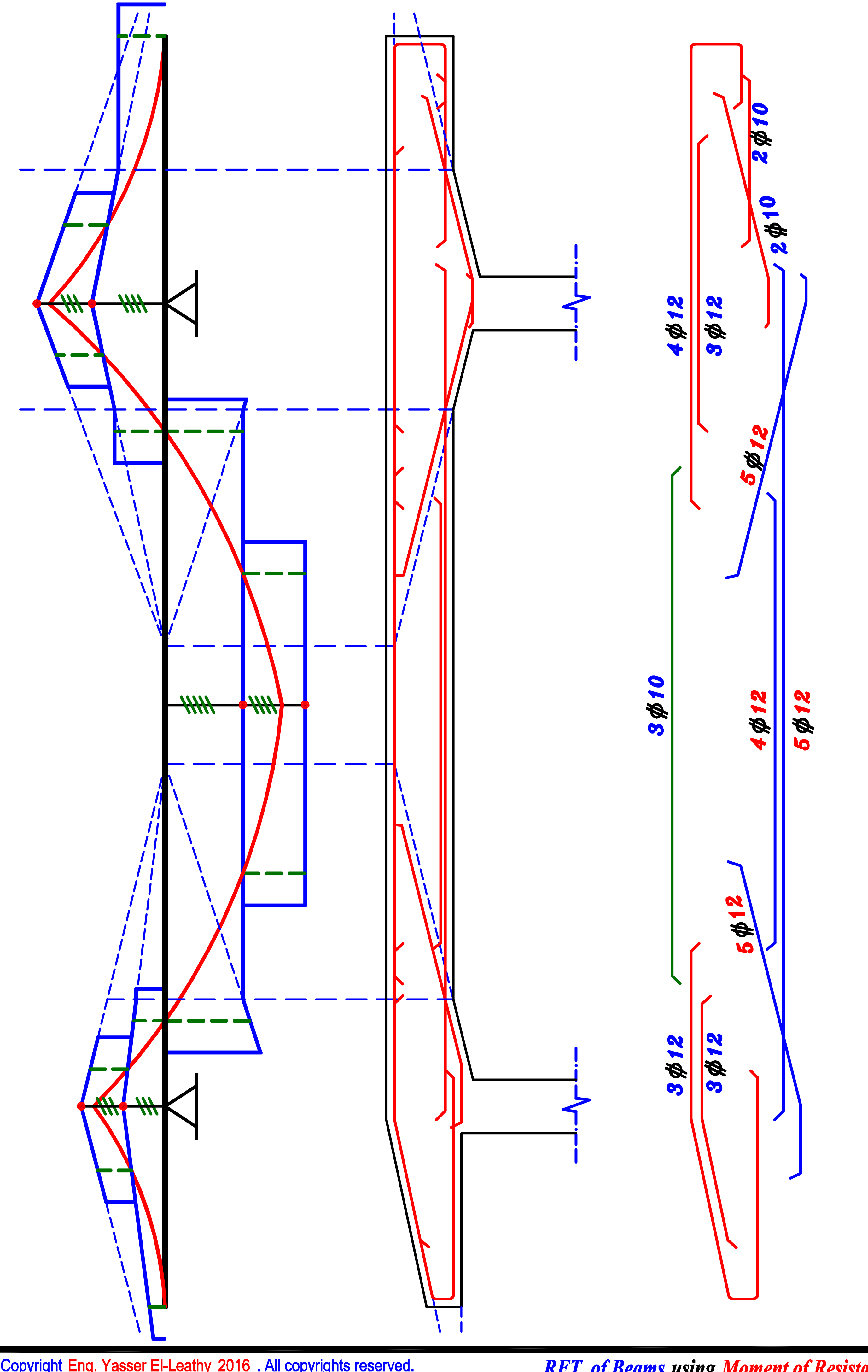

2 φ18
2 φ18
2 φ18
2 φ10
2 φ10

Example.

1- Draw the blocks of moment of resistance For the girder.

2- Draw the details of reinforcement For the girder.

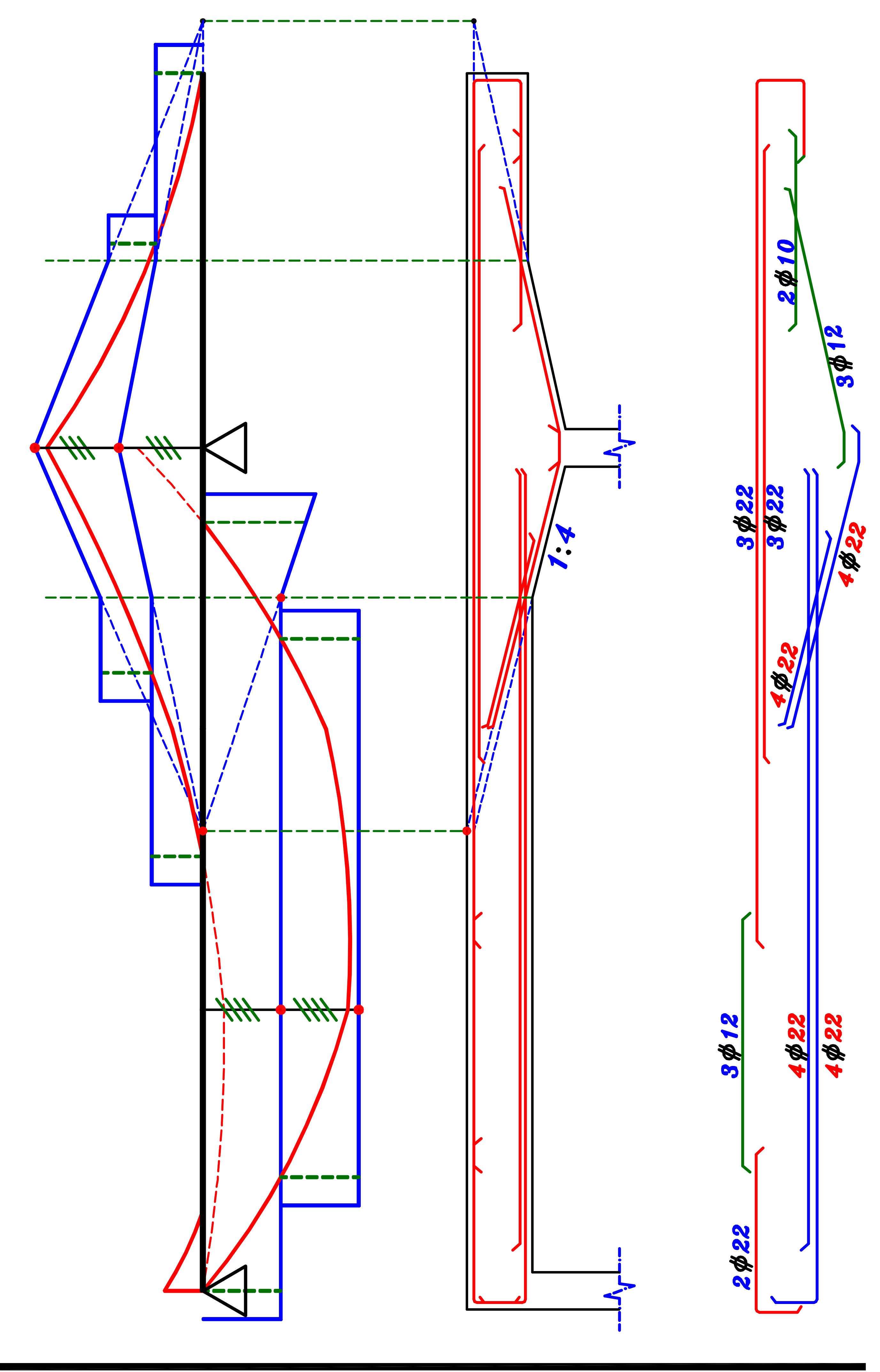
$n = 5$



2Φ10
2Φ10
4Φ12
3Φ12
5Φ12
3Φ10
4Φ12
5Φ12
5Φ12
3Φ12
3Φ12

Example. 1- Draw the blocks of moment of resistance For the girder.
2- Draw the details of reinforcement For the girder.

$n = 5$



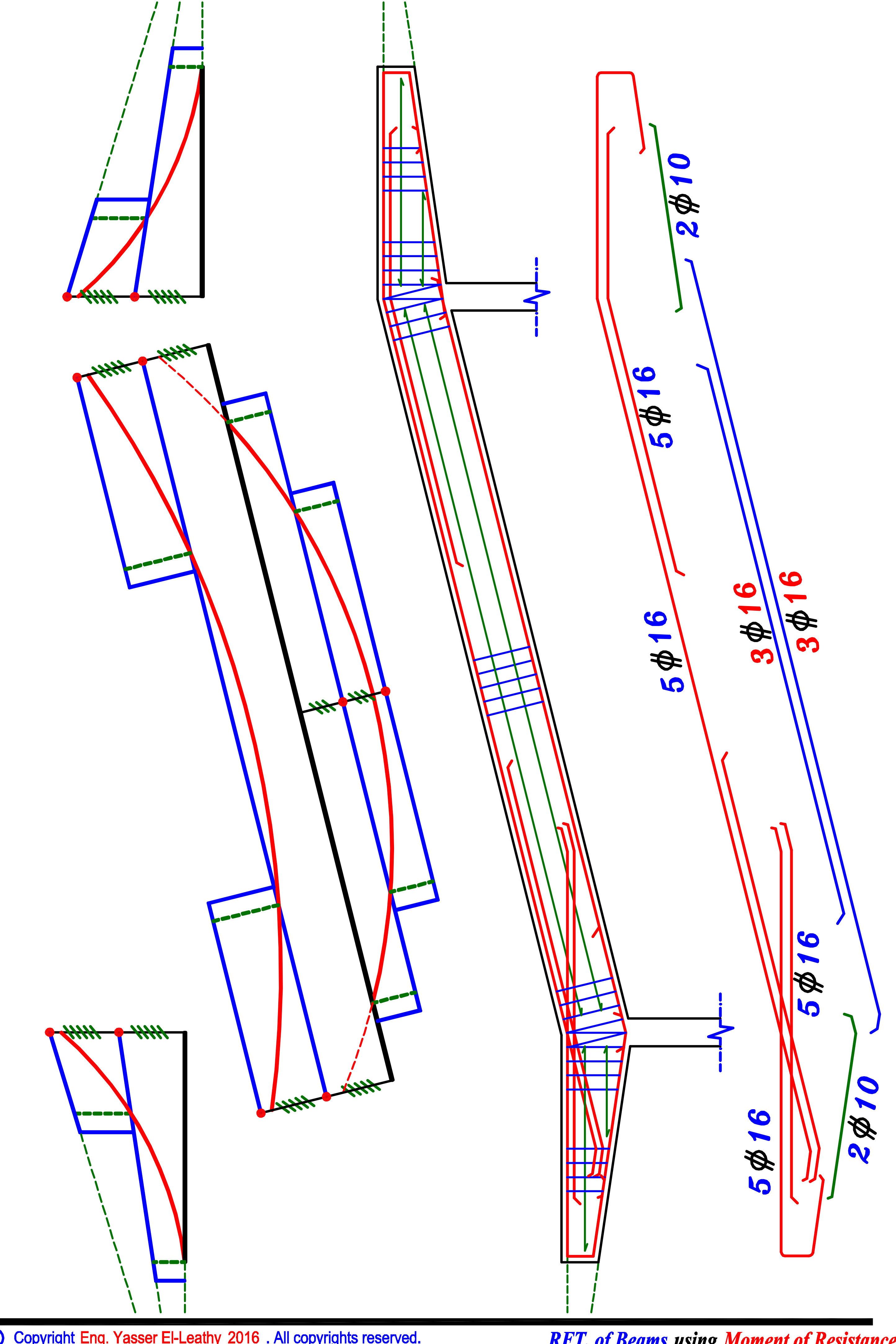
2φ10
3φ12
3φ22
3φ22
4φ22
1:4
4φ22
3φ12
4φ22
4φ22
2φ22

Example.

$n = 6$

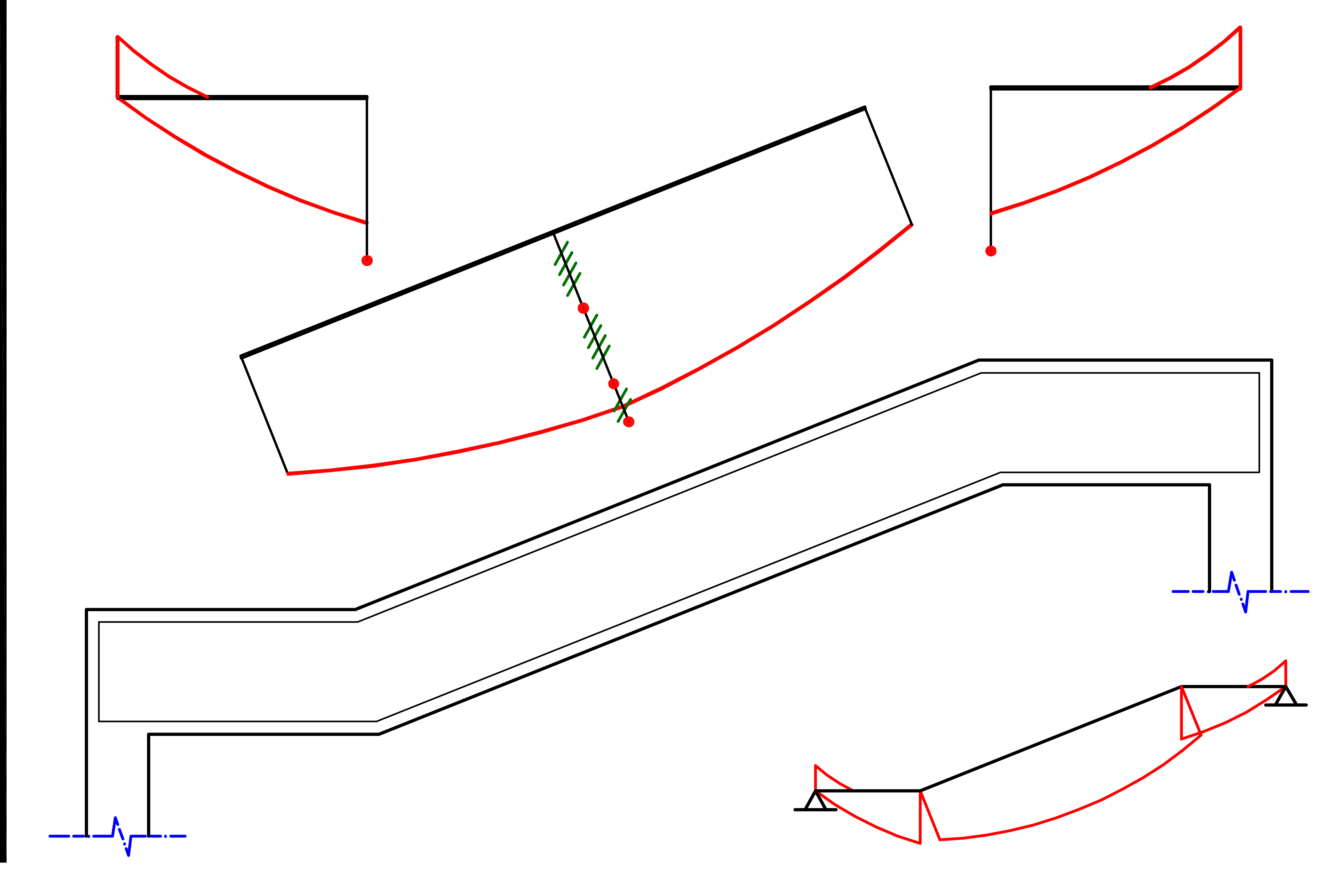
1-Draw the blocks of moment of resistance For the girder.

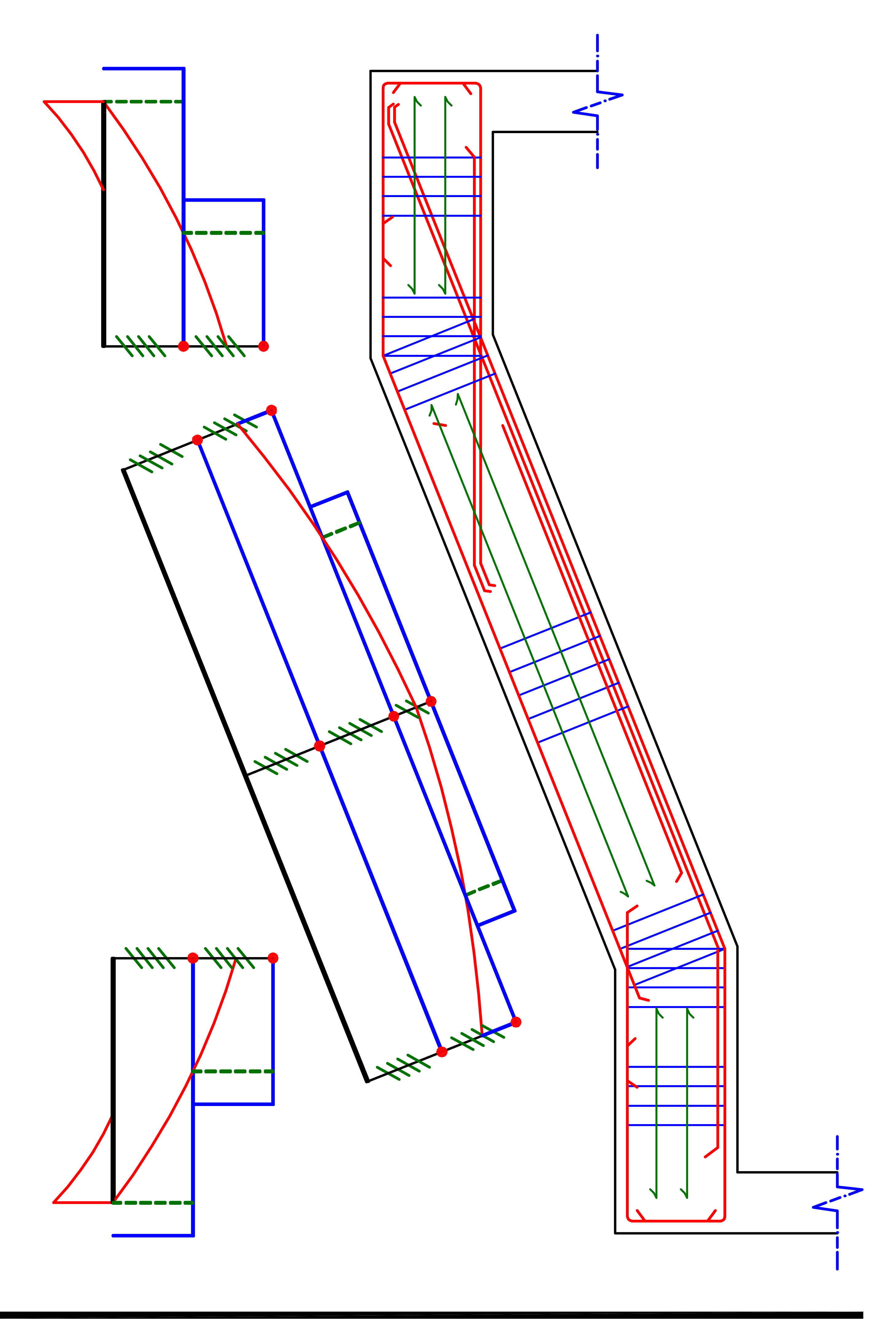
2-Draw the details of reinforcement For the girder.

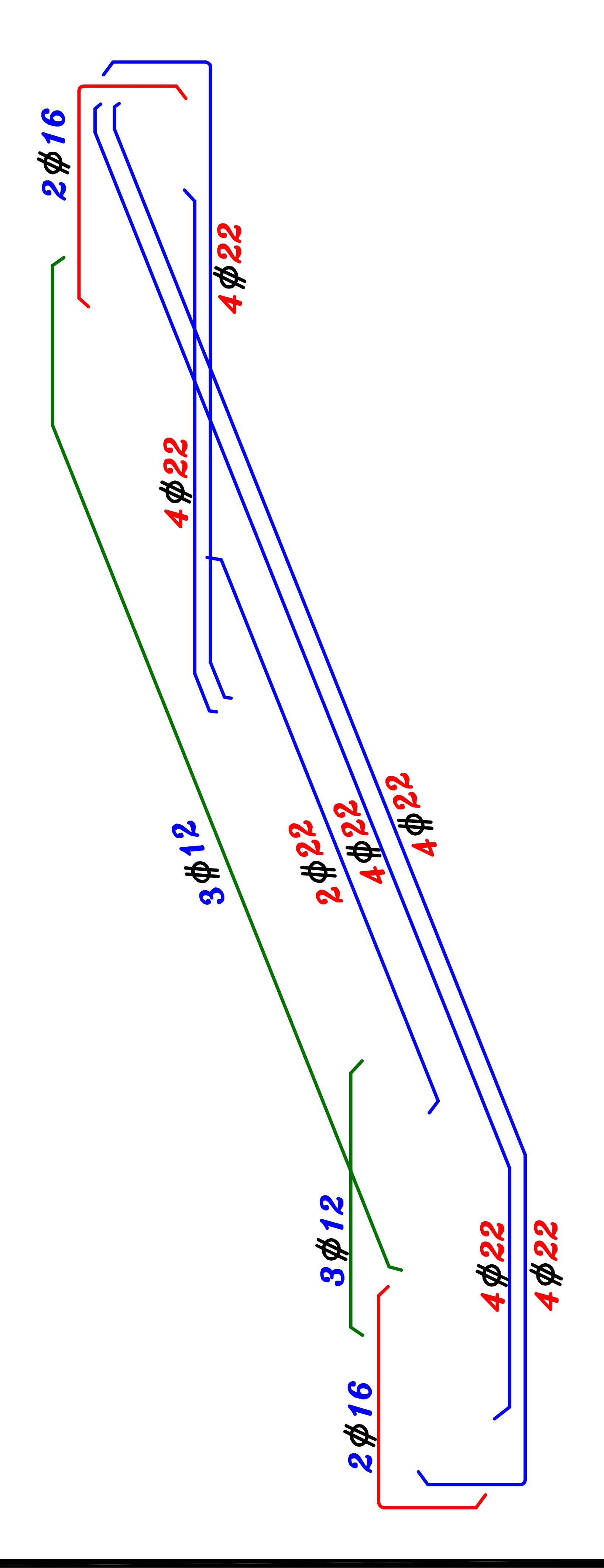

2Φ10
5Φ16
5Φ16
3Φ16
3Φ16
5Φ16
5Φ16
2Φ10

Example. 1- Draw the blocks of moment of resistance For the girder.
2- Draw the details of reinforcement For the girder.

$n = 4$






2ϕ16
4ϕ22
4ϕ22
3ϕ12
2ϕ22
4ϕ22
4ϕ22
3ϕ12
4ϕ22
4ϕ22
2ϕ16